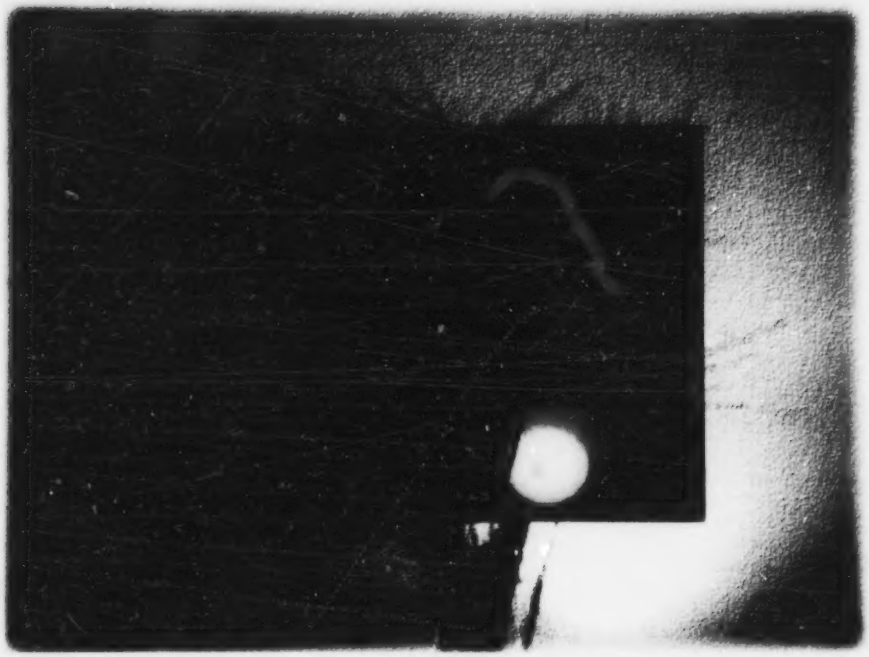
Agriculture et Agroalimentaire Canada
Agriculture and Agri-Food Canada

Possibilités de réduction de la consommation d'énergie non renouvelable dans les systèmes de production agricole des Prairies canadiennes



Août 2001

Canada

POSSIBILITÉS DE RÉDUCTION DE LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE NON RENOUVELABLE DANS LES SYSTÈMES DE PRODUCTION AGRICOLE DES PRAIRIES CANADIENNES

Agriculture et Agroalimentaire Canada

Août 2001

Préparé par :

Ravinderpal S. Gill
Agriculture et Agroalimentaire Canada,
Direction de la recherche et del'analyse, Direction générale des politiques stratégiques,
Bâtiment 74, Ferme expérimentale centrale,
960, avenue Carling, Ottawa (Ontario) K1A OC6

Cecil N. Nagy
Centre canadien de données et d'analyse sur la consommation d'énergie dans le secteur de l'agriculture,
51, promenade Campus, Université de la Saskatchewan, Saskatoon (Saskatchewan) S7N 5A8

Robert P. Zentner
Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherches sur l'agriculture des prairies semi-arides,
C.P. 1030, Swift Current (Saskatchewan) S9H 3X2.

Andre Hucq
Centre canadien de données et d'analyse sur la consommation d'énergie dans le secteur de l'agriculture,
51, promenade Campus, Université de la Saskatchewan, Saskatoon (Saskatchewan) S7N 5A8

Robert J. MacGregor
Agriculture et Agroalimentaire Canada,
Direction de la recherche et de l'analyse, Direction générale des politiques stratégiques,
Bâtiment 74, Ferme expérimentale centrale,
960, avenue Carling, Ottawa (Ontario) K1A OC6

Martin H. Entz
Département de phytotechnie, Université du Manitoba,
222, rue Agriculture, Winnipeg (Manitoba) R3T 2N2

John C. Giraldez
Agriculture et Agroalimentaire Canada,
Bureau de l'environnement, Direction générale des politiques stratégiques,
930, avenue Carling, Ottawa (Ontario) K1A OC5

POSSIBILITÉS DE RÉDUCTION DE LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE NON RENOUVELABLE DANS LES SYSTÈMES DE PRODUCTION AGRICOLE DES PRAIRIES CANADIENNES

Équipe de projet :
Agriculture et Agroalimentaire Canada
Direction générale des politiques
Direction de la recherche et de l'analyse
Bureau de l'environnement
Direction générale de la recherche
Centre de recherches sur l'agriculture des prairies semi-arides
Canadian Agricultural Energy End-Use Data and Analysis Centre
Département de phytotechnie

Révisé par :
Betty Lorimer

Tout point de vue exprimé, qu'il soit énoncé clairement, sous-entendu ou interprété à partir du contenu de la présente publication, ne réflète pas nécessairement la politique d'Agriculture et Agroalimentaire Canada.

Pour se procurer des exemplaires supplémentaires, on peut s'adresser à la :

Section de la production de l'information et de la promotion
Direction de la recherche et de l'analyse
Direction générale des politiques stratégiques
Agriculture et Agroalimentaire Canada
Édifice 74, F.E.C.
Ottawa (Ontario)
K1A 0C6
Téléphone : (613) 759-1865
Télécopieur : (613) 759-7090
Courrier électronique : ippdist@em.agr.ca

Vous pouvez obtenir une version électronique des publications produits par la Direction de la recherche et de l'analyse sur Internet à : www.agr.ca/policy/epad

Publication 2082/B

ISBN 0-662-65881-7

Catalogue A22-225/2001

Projet 01-047-r

Also available in English under the title:
OPPORTUNITIES FOR REDUCED NON-RENEWABLE ENERGY USE IN CANADIAN PRAIRIE AGRICULTURAL PRODCUTION SYSTEMS

101-07329/

Table des matières

Liste des sigles ..... **vii**

Résumé ..... **ix**

Section 1 : Introduction **1**

1.1 Contexte 1
1.2 Objectif 3
1.3 Organisation du rapport 3

Section 2 : Modèles utilisés pour estimer la consommation d'énergie **5**

2.1 Microanalyse 5
2.2 Macroanalyse 6

Section 3 : Estimations pour l'année de référence 1996 ... **11**

3.1 Estimations tirées de la microanalyse 11
3.2 Estimations tirées du modèle CRAM 11
3.3 Estimations tirées du modèle PCEM 12

Section 4 : Estimations pour l'année de référence 2010 avec maintien du statu quo **15**

4.1 Estimations tirées du modèle CRAM 15
4.2 Estimations tirées du modèle PCEM 16

Section 5 : Description des scénarios et résultats selon les modèles CRAM et PCEM **19**

5.1 Efficacité accrue de l'utilisation de l'azote 19
5.2 Pratique accrue du semis direct 22
5.3 Diminution des superficies en jachère 24
5.4 Fréquence accrue des cultures herbagères dans les rotations 25
5.5 Amélioration de 10 % du rendement énergétique des machines agricoles 29
5.6 Diversification des cultures 29

Section 6 : Résumé **35**

6.1 Principaux résultats 35
6.2 Limites de l'analyse 36
6.3 Conclusions à tirer sur le plan des politiques 36

Références **39**

Annexe A : Modèle PCEM (modèle d'analyse de la consommation d'énergie pour l'agriculture des Prairies) **A-1**

Annexe B **B-1**

Annexe C **C-1**

Liste des tableaux et des figures

Tableaux

Tableau 1 : Bilan énergétique des rotations culturales en fonction du travail du sol, à l'échelle de l'exploitation agricole (MJ ha^{-1}) 13

Tableau 2 : Année de référence 1996 : Niveaux des activités 14

Tableau 3 : Année de référence 1996 : Bilan énergétique 14

Tableau 4 : Année de référence 2010 avec MSQ : Niveaux des activités 17

Tableau 5 : Année de référence 2010 avec MSQ : Bilan énergétique 17

Tableau 6 : Hypothèses sous-tendant le scénario de l'efficacité accrue de l'utilisation de l'azote 20

Tableau 7 : Efficacité accrue de l'utilisation de l'azote : Niveaux des activités 22

Tableau 8 : Effucacité accrue de l'utilisation de l'azote : Bilan énergétique 22

Tableau 9 : Hypothèses sous-tendant le scénario de la pratique accrue du semis direct 23

Tableau 10 : Pratique accrue du semis direct : Bilan énergétique 24

Tableau 11 : Hypothèses sous-tendant le scénario de la diminution de la superficie en jachère 25

Tableau 12 : Diminution des superficies en jachère : Niveaux des activités 27

Tableau 13 : Diminution des superficies en jachère : Bilan énergétique 27

Tableau 14 : Hypothèses sous-tendant le scénario de la fréquence accrue des cultures herbagères dans les rotations 28

Tableau 15 : Fréquence accrue des cultures herbagères dans les rotations : Niveaux des activités 29

Tableau 16 : Fréquence accrue des cultures herbagères : Bilan énergétiques 29

Tableau 17 : Amélioration du rendement énergétique des machines agricoles : Niveaux des activités 31

Tableau 18 : Amélioration de 10 % du rendement énergétique des machines agricoles : Bilan énergétique 31

Tableau 19 : Hypothèses sous-tendant le scénario de la diversification des cultures 33

Tableau 20 : Diversification des cultures : Niveaux des activités 34

Tableau 21 : Diversification des cultures : Bilan énergétique 34

Tableaux

Annexe A

Tableau A1 : Pourcentage des différentes zones de sols, par district agricole, en Alberta A-2

Tableau A2 : Pourcentage des différentes zones de sols, par district agricole, en Saskachewan A-2

Tableau A3 : Pourcentage des différentes zones de sols, par district agricole, au Manitoba A-2

Tableau A4 : Superficie ventilée par méthode de travail du sol (hectares) A-4

Tableau A5 : Superficie en jachère, ventilée par méthode de travail du sol A-5

Tableau A6 : Activités de production végérale A-6

Annexe B

Tableau B1 : Consommation et coûts des engrais dans les régions de recensement CRAM des Prairies, pour le scénario de l'utilisation plus efficace des engrais azotés B-1

Annexe C

Tableau C1 : Superficie cultivés par district agricole (en milliers d'ha) et répercussions sur les rendements dans le scénario de la fréquence accrue des cultures herbagères dans les régions culturales C-1

Figures

Figure 1 : Vue d'ensemble du modèle intégré 7

Figure 2 : Les régions de production agricole des Prairies dans le modèle CRAM 8

Figure 3 : Variation en pourcentage de la consommation d'énergie attribuable à chaque scénario, par rapport à l'année de référence 2010 avec MSQ 37

Liste des sigles

AAC	Agriculture et Agroalimentaire Canada
MSQ	Maintien du statu quo
CAEEDAC	Centre canadien de données et d'analyse sur la consommation d'énergie dans le secteur de l'agriculture
CRAM	Modèle d'analyse régionale de l'agriculture du Canada
GIREE	Groupe interministériel de recherche et d'exploitation énergétiques
GHG	Gaz à effet de serre
ha	Hectare
MJ	Méga-joules
SRPMT	Scénario de référence des politiques à moyen terme
PCEM	Modèle d'analyse de la consommation énergétique pour l'agriculture des Prairies
PMP	Programmation mathématique positive
TJ	Térajoules

Résumé

Le présent rapport a pour objet de mettre en évidence les moyens susceptibles de réduire la consommation d'énergie non renouvelable dans les Prairies. Le ministère des Ressources naturelles du Canada, par l'intermédiaire du programme du Groupe interministériel de recherche et d'exploitation énergétiques (GIREE), coordonne les travaux de recherche-développement sur l'énergie en collaboration avec la Direction générale de la recherche d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC). Un des objectifs du programme du Groupe interministériel est d'accroître l'efficacité de la consommation d'énergie dans le secteur agroalimentaire.

Le principal objectif du rapport était l'élaboration d'une méthodologie permettant d'estimer et de comparer les dépenses en énergie non renouvelable, la production d'énergie et l'efficacité énergétique de six techniques culturales à mettre en œuvre dans les Prairies canadiennes : utilisation plus efficace de l'azote, pratique accrue du semis direct, diminution des superficies en jachère, fréquence accrue des cultures herbagères dans les rotations, amélioration de 10 % du rendement énergétique des machines agricoles, diversification des cultures et allongement des rotations. Nous avons limité la portée du rapport à l'estimation des répercussions sur la consommation d'énergie qu'un recours accru à ces techniques entraînerait à l'échelle des Prairies canadiennes. Pour réaliser la macroanalyse, nous avons extrapolé à l'échelle régionale (zone de zols, agroécosystème ou ensemble des Prairies) l'information sur la consommation d'énergie recueillie à l'échelle de l'exploitation agricole.

Nous avons utilisé le modèle CRAM (modèle d'analyse régionale de l'agriculture du Canada), élaboré par la Direction générale des politiques d'AAC, pour évaluer les effets qu'auraient les techniques culturales considérées sur la consommation d'énergie, en fonction de changements donnés (taux d'adoption, superficie touchée et répercussions économiques). Le modèle PCEM (modèle d'analyse de la consommation énergique pour l'agriculture des Prairies) a été construit en tant que module du CRAM pour traduire par région les effets de différentes techniques sur la consommation d'énergie non renouvelable. Après avoir calé ces modèles sur les données de l'année de référence 1996, nous les avons utilisés pour estimer la consommation d'énergie, la production d'énergie et les niveaux d'efficacité énergétique pour l'année 2010 avec maintien du statu quo (MSQ), qui constitue la base de référence.

La consommation totale d'énergie dans les Prairies en 1996 a été estimée à 171 090 térajoules (TJ). Les engrais représentaient 51 % de ce total, les carburants 28 %, les semences 10 %, les machines 6 % et les herbicides 5 %. La production totale d'énergie pour l'ensemble des

Prairies a été estimée à 1 620 540 TJ. L'efficacité énergétique, qui est le rapport de la production d'énergie à la consommation d'énergie, était donc de 9,5 unités pour les Prairies en 1996.

La consommation totale d'énergie dans les Prairies, en 2010, a été estimée à 192 000 TJ, en hausse de 21 000 TJ (12 %) par rapport à l'année de référence 1996. La production totale d'énergie pour l'ensemble des Prairies a été estimée à 1 985 000 TJ, en hausse de 364 000 TJ (23 %) par rapport à 1996. L'efficacité énergétique passerait donc de 9,5 à 10,4 unités pour les Prairies. Les niveaux les plus élevés d'efficacité d'énergie étaient relevés dans les zones de sols bruns de la Saskatchewan et de l'Alberta, avec respectivement 12,6 et 12,0 unités. La consommation et la production d'énergie ont augmenté dans toutes les zones de sol en raison de la hausse de la superficie cultivée et d'une diminution de la superficie en jachère.

Nous avons analysé six scénarios pour mesurer l'effet possible des tendances de production, des techniques culturales et des mesures politiques sur la consommation d'énergie dans le secteur agricole des Prairies, comparativement à l'année de référence 2010 avec MSQ. La superficie en jachère et l'utilisation des engrais azotés, qui varie selon la gamme des cultures cultivées, ont été les principaux déterminants de la consommation d'énergie et de l'efficacité énergétique. Avec le scénario prévoyant une utilisation plus efficace de l'azote, la consommation d'énergie dans les Prairies a diminué de 7 090 TJ (3,7 %) par rapport à l'année de référence 2010 avec MSQ. La réduction de la consommation d'énergie dans le secteur des productions végétales résulte d'une diminution de l'emploi des engrais azotés.

Le recours accru au semis direct, effectué pour doubler les taux de l'année de référence, a entraîné une chute de la dépense d'énergie de 2 270 TJ (1,0 %) dans les Prairies. La consommation d'énergie liée aux engrais et aux herbicides a augmenté, mais les dépenses d'énergie liées aux carburants et aux machines ont diminué, ce qui se solde par une réduction des dépenses d'énergie dans toutes les zones de sols. La production totale d'énergie ayant également baissé de 8 060 TJ, l'efficacité énergétique s'est élevée de 0,08 unité. La consommation d'énergie liée aux herbicides, la plus élevée observée dans tous les scénarios, est directement attribuable à la pratique du semis direct dans laquelle les herbicides remplacent le sarclage.

La diminution de la superficie en jachère a élevé la consommation d'énergie de 3 790 TJ (2,0 %) par rapport à l'année de référence 2010 avec MSQ, à cause de l'utilisation des engrais et des pesticides qui a crû dans la même proportion que la surface ensemencée. Par contre, dans la zone des sols bruns, la consommation d'énergie a baissé par suite de l'accroissement des surfaces consacrées aux cultures herbagères et d'un recul des cultures annuelles qui exigent plus d'intrants, notamment en engrais azoté.

C'est le scénario prévoyant une fréquence accrue des cultures herbagères dans les rotations qui a fait baisser le plus la consommation d'énergie, tout en faisant progresser le plus la production d'énergie et l'efficacité énergétique. Dans ce scénario, la consommation totale d'énergie dans les Prairies a diminué de 9 830 TJ (5,1 %) par rapport à l'année de référence 2010 avec MSQ. La production totale d'énergie a augmenté de 251 680 TJ, d'où une amélioration de l'efficacité énergétique de 1,9 unité. La consommation d'énergie dans le secteur des productions végétales diminue de pair avec l'utilisation des intrants — tels que les engrais, les carburants, les machines et les produits agrochimiques — qui découle de l'expansion des champs occupés par des cultures herbagères (mode d'exploitation agricole moins intensif).

Une amélioration de 10 % du rendement énergétique des machines agricoles entraînerait des économies d'énergie de 4 460 TJ (2,3 %) dans les Prairies. La production totale d'énergie augmenterait légèrement de 540 TJ, entraînant une hausse de l'efficacité énergétique de 0,25 unité. La réduction de la consommation d'énergie est plus élevée, en proportion, dans les zones de production à fort rendement agronomique – la zone des sols noirs – et avec les techniques exigeantes en carburants fossiles – les méthodes traditionnelles de travail du sol. Mais, globalement, aucun changement appréciable n'a été décelé par rapport à l'année de référence 2010 avec MSQ dans les superficies où on se livre aux différentes techniques agronomiques.

Dans le scénario de la diversification des cultures, les dépenses d'énergie diminueraient de 1 000 TJ (0,6 %) par rapport à l'année de référence 2010 avec MSQ, à l'échelle des Prairies. La consommation d'énergie baisserait dans les zones de sols brun foncé, noirs et gris de la Saskatchewan. La diminution de la consommation d'engrais azotés tend à contrebalancer la hausse de la consommation d'énergie liée à l'utilisation d'herbicides, de machines et de carburants dans ces régions. La consommation d'énergie s'accroîtrait dans la zone des sols bruns en raison de l'augmentation des cultures sur chaume, de la réduction de la superficie en jachère et de la diminution des superficies en cultures herbagères.

Les deux scénarios prévoyant respectivement la pratique accrue du semis direct et une montée de 10 % de l'efficacité énergétique des machines agricoles feraient baisser la consommation d'énergie, principalement sous l'effet d'une moindre consommation de carburants. Ces deux techniques pourraient compenser la plus forte consommation d'énergie qui accompagne une réduction de la jachère.

Les différentes zones de sols n'ont pas donné la même réponse, ni une réponse de même ampleur, aux mesures politiques et aux tendances de la production. En raison de cette variabilité, il convient d'élaborer les politiques et de mettre en œuvre les stratégies d'économie d'énergie au niveau de l'exploitation agricole en fonction des caractéristiques de chaque zone de sols.

Les politiques en faveur d'une réduction de la jachère augmenteront la consommation d'énergie si elles ne sont pas appuyées par des pratiques agronomiques qui la réduisent. Le semis direct et une meilleure utilisation des engrais azotés sont deux méthodes qui peuvent faire partiellement contrepoids à la hausse de la consommation d'énergie résultant d'une diminution de la surface en jachère. Les politiques en faveur de l'expansion des surfaces en cultures herbagères et de l'intensification de l'élevage sont le facteur qui réduiraient le plus la consommation d'énergie, car la superficie en jachère diminuerait et les cultures annuelles occuperaient une plus petite surface.

L'amélioration du rendement énergétique des machines agricoles et le recours accru au semis direct sont deux techniques qui permettraient de diminuer la consommation directe de combustibles fossiles. Comme l'ont fait d'autres études, le présent rapport démontre que le semis direct mène à une plus faible consommation de carburant.

Les politiques en faveur de la diversification des cultures, surtout de celles qui fixent l'azote, feraient baisser la demande d'engrais azotés commerciaux. Cependant, l'importance des économies nettes d'énergie dépendra de la proportion dans laquelle on diminuera la superficie réservée aux cultures herbagères. Les changements de politiques ou de techniques agronomiques qui auraient pour effet de réduire l'emploi d'engrais azotés provoqueraient la

plus forte baisse de la consommation totale d'énergie, puisque leur fabrication est très énergivore.

Le présent rapport met en évidence les techniques qui permettraient de réduire la consommation d'énergie non renouvelable dans les systèmes culturaux des Prairies canadiennes. D'ici l'année 2010, si on suppose que les modes d'exploitation actuels restent les mêmes, la consommation totale d'énergie dans les Prairies augmentera de 12 % par rapport à 1996. En revanche, en supposant l'adoption généralisée des techniques qui réduisent les dépenses nettes d'énergie, il sera possible de parvenir à une baisse nette de la consommation d'énergie de 12,7 %.

Cela étant dit, les décideurs politiques doivent tenir compte de tous les effets engendrés par les changements de modes d'exploitation agricole, soit les effets économiques ainsi que les effets sur les sols, les émissions de gaz à effet de serre, la qualité de l'eau, la biodiversité et les collectivités rurales. Le présent rapport n'ayant pour objet que la consommation d'énergie dans les Prairies canadiennes, conformément à la portée définie du projet, l'intégration d'autres indicateurs économiques et environnementaux est nécessaire pour une évaluation complète de l'incidence des scénarios envisagés sur le secteur agricole.

Section 1 : Introduction

1.1 Contexte

Les modes d'exploitation des terres évoluent, surtout dans les Prairies canadiennes. Cette évolution résulte de nombreux facteurs, dont les changements de politiques sur le transport des céréales et autres formes de soutien public, l'enchérissement des intrants agricoles, l'apparition de nouvelles technologies, l'ouverture de nouveaux marchés, les perspectives de production à valeur ajoutée, les préoccupations croissantes devant la détérioration du milieu naturel, et la dépression des marchés. Les producteurs prolongent et diversifient leurs rotations culturales, ce qui les amène à délaisser progressivement la jachère et la monoculture céréalière. Ces dernières années ont vu une expansion considérable des cultures comme le canola, le linola, la moutarde, les pois secs, les pois chiches, les lentilles, les haricots secs et le tournesol, souvent dans de nouvelles régions ou des régions de productions non traditionnelles. On a vu aussi un retour en force des engrais verts de légumineuses, des graminées vivaces et des légumineuses pour l'affouragement du bétail et la production de semences d'espèces herbagères, retour effectué dans le but d'aider à restaurer la productivité des sols et de réduire les apports d'engrais inorganiques dans les cultures céréalières qui suivent dans les rotations. En outre, les pratiques de conservation du sol, associées aux nouvelles méthodes de lutte antiparasitaire intégrée, aux méthodes améliorées d'application des engrais, à l'agriculture de précision, aux techniques visant la réduction des intrants chimiques, à l'emploi des fumiers animaux et d'autres pratiques de gestion deviennent partie intégrante de l'évolution des systèmes de production.

Les nouveaux systèmes culturaux présentent au moins huit avantages possibles :

- réduction des infestations de mauvaises herbes, ou du risque d'infestation par des mauvaises herbes résistant aux herbicides, grâce à l'élargissement des options de désherbage;
- réduction de l'incidence des maladies qui sont communes dans les monocultures céréalières (p. ex. piétin, taches foliaires);
- diminution des besoins en engrais azotés en particulier dans les systèmes qui incluent des légumineuses;

- amélioration de la fertilité et de la qualité du sol, par suite de la diminution de la jachère et du travail du sol;
- augmentation des rendements des cultures céréalières entrant dans les rotations et amélioration de la qualité des céréales (p. ex. augmentation de la teneur protéique ou diminution des déclassements imputables aux maladies);
- diminution des besoins en carburants fossiles et réduction des émissions de gaz à effet de serre;
- augmentation des rendements économiques, baisse des coûts unitaires de production et/ou diminution du risque financier.

Pour être exploitables à long terme sans hypothéquer l'environnement, les nouveaux systèmes de production doivent satisfaire à trois critères :

- être techniquement faisables (être adaptés aux conditions pédologiques et climatiques de la région, faciles à mettre en œuvre et capables de produire des céréales ou du fourrage en quantité et en qualité acceptables);
- maintenir ou améliorer à long terme la qualité des ressources en sol, en eau et en air;
- être économiquement avantageux et socialement acceptables.

De nombreux travaux de recherche ont été réalisés, ou sont en cours, pour déterminer le rendement agronomique des nouveaux systèmes de production. Mais leurs répercussions environnementales ne sont pas aussi bien connues et leurs répercussions économiques encore moins.

Des recherches antérieures ont montré que l'utilisation des engrais inorganiques, surtout l'azote, représente jusqu'à 70 % de la consommation d'énergie non renouvelable dans les systèmes de monoculture céréalière des Prairies. En outre, l'efficacité de l'utilisation des engrais est souvent inférieure à 50 % (Campbell et Paul 1978, Gauer, et coll. 1992), d'où une préoccupation croissante concernant la contamination de l'environnement (ruissellement de l'azote dans les eaux superficielles et lixiviation des nitrates dans l'eau souterraine). De plus, bien que la culture des céréales en continu aboutisse à une production d'énergie (céréales, biomasse, protéines, etc.) nettement plus élevée que les systèmes moins intensifs avec jachère (p. ex. jachère, blé), l'efficacité énergétique (production d'énergie/dépense d'énergie) de ces derniers systèmes est souvent moins bonne (Zentner, et coll. 1998, Zentner, et coll.1999). Par ailleurs, les méthodes de conservation du sol (semis direct et travail réduit du sol) consomment moins d'énergie à la ferme sous forme de carburants et de machines que les méthodes de travail traditionnelles, mais elles obligent en général à utiliser plus d'herbicides et d'engrais.

La plupart des études donnent à penser que les économies d'énergie associées au semis direct dépendent pour beaucoup de l'amélioration des rendements agronomiques et de l'efficacité de l'utilisation de l'eau et des engrais, par rapport aux systèmes de production conventionnels. La séquestration du carbone dans le sol tend à augmenter et le rejet de dioxyde de carbone dans l'atmosphère tend à diminuer quand on utilise des rotations culturales prolongées, en particulier celles qui intègrent le travail de conservation du sol.

Les meilleures perspectives de réduction des intrants énergétiques et des rejets de gaz à effet de serre dans le secteur agricole des Prairies canadiennes sont offertes par les systèmes

culturaux moins exigeants en engrais azotés inorganiques, par exemple les rotations incluant des légumineuses à grains, des cultures herbagères ou des engrais verts de légumineuses, par les systèmes qui utilisent efficacement le fumier animal et ceux qui mettent en œuvre des techniques qui maximisent l'efficacité de l'eau et des éléments nutritifs. Il serait aussi possible, ou justifiable, d'utiliser une partie de la biomasse et des sous-produits agricoles à des activités à valeur ajoutée qui séquestrent le carbone (p. ex. le carton paille où la fibre de paille remplace la pâte de bois) ou la fabrication de bio-carburants et d'éthanol. Les activités qui substituent des productions agricoles primaires à des formes d'énergie non renouvelable contribuent à améliorer la protection de l'environnement.

Le présent rapport a pour but de renseigner les producteurs agricoles des Prairies, les analystes politiques et le grand public sur les avantages écologiques (et économiques) des nouveaux systèmes de production végétale et leur incidence sur l'efficacité d'utilisation des formes d'énergie non renouvelable. La portée du présent rapport et la mise en évidence des méthodes qui permettent d'améliorer l'efficacité énergétique seront limitées par la prise en compte des seules pratiques de production qui sont rentables à l'heure actuelle. Le rapport est centré sur la macroanalyse et les répercussions à grande échelle.

L'approche utilisée dans le présent rapport met à contribution plusieurs organismes et plusieurs disciplines et s'appuie sur les bases de données existantes et les connaissances acquises par les centres de recherche d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC), le département de phytotechnie de l'Université du Manitoba et le Centre canadien de données et d'analyse sur la consommation d'énergie dans le secteur de l'agriculture de l'Université de la Saskatchewan.

1.2 Objectif

L'objectif du présent rapport est l'élaboration d'une méthodologie permettant d'estimer et de comparer les dépenses d'énergie non renouvelable, la production d'énergie et l'efficacité énergétique de six techniques culturales dans la région des Prairies :

- utilisation plus efficace de l'azote;
- pratique accrue du semis direct;
- diminution de la superficie en jachère;
- fréquence accrue des cultures herbagères dans les rotations;
- amélioration de 10 % du rendement énergétique des machines agricoles;
- diversification des cultures.

La formulation de recommandations sur les techniques culturales qui réduisent la consommation des carburants fossiles à l'échelle des Prairies pose un problème particulier : il est difficile d'évaluer l'opportunité d'extrapoler à différentes zones pédo-climatiques des données relatives à des lieux précis, ainsi que de prédire des incidences à petite et à grande échelle. Nous avons donc retenu les six techniques culturales énumérées ci-dessus en raison de deux avantages importants qu'elles présentaient vu la courte période visée par le rapport :

- Nous disposons de bases de données très fournies sur toutes les grandes zones agro-écologiques des Prairies.

- Nous possédons une bonne connaissance des systèmes culturaux actuels et nous avons des exemples d'exploitations agricoles ayant modernisé leurs techniques culturales, connaissances à partir desquelles nous pouvons prédire les répercussions socio-économiques et environnementales qu'aurait l'adoption généralisée de ces techniques.

Bien que le présent rapport ait pour objet la consommation d'énergie dans les Prairies canadiennes, il faudrait y intégrer d'autres indicateurs économiques et environnementaux pour mesurer entièrement l'incidence des nouvelles techniques culturales sur le secteur agricole. En effet, les répercussions de ces nouvelles techniques sur le rendement économique, les rejets de gaz à effet de serre, les sols et d'autres facteurs environnementaux ou sociaux étaient des considérations qui n'entraient pas dans le cadre de ce rapport.

1.3 Organisation du rapport

Le rapport se divise en six parties. La partie 2 donne une description générale des modèles utilisés pour l'estimation de la consommation d'énergie. Les parties 3 et 4 décrivent la base 1996 et l'année de référence 2010 avec MSQ à partir desquelles sont comparés les scénarios proposés. La partie 5 décrit les scénarios et en résume les résultats. La partie 6 présente les principaux résultats, les limites du rapport et les conclusions à tirer sur le plan des politiques. Le rapport se termine par une liste de références bibliographiques et trois annexes.

Section 2 : Modèles utilisés pour estimer la consommation d'énergie

2.1 Microanalyse

La microanalyse a recueilli, à l'échelle de l'exploitation agricole, les données économiques et agronomiques représentatives qui n'ont pas été considérées dans la macroanalyse. Pour extrapoler à l'échelle de l'exploitation agricole les données expérimentales touchant de petites parcelles et des lieux précis, nous avons utilisé des fermes représentatives des régions pédo-climatiques ou des agroécosystèmes dans lesquels les techniques culturales sont applicables. Ces données ont été saisies dans le modèle CRAM et ont également servi à en modifier la structure pour inclure des cultures supplémentaires.

Les données sur les intrants agricoles, les façons culturales (utilisation de machines agricoles) et les rendements, provenant des expériences pratiques réalisées par les centres de recherche d'AAC et l'Université du Manitoba, ont été utilisées dans la microanalyse (Agriculture et Agroalimentaire Canada 1999b). Plusieurs localités et quatre zones pédologiques ont été utilisées dans la microanalyse :

- Swift Current, en Saskatchewan, pour la zone des sols bruns;
- Lethbridge, en Alberta, et Scott, en Saskatchewan, pour la zone des sols brun foncé;
- Melfort et Indian Head, en Saskatchewan, et Glenlea, au Manitoba, pour la zone des sols noirs;
- Tisdale, en Saskatchewan, et Rycroft, en Alberta, pour la zone des sols gris.

Nous avons analysé les processus mis en œuvre à l'échelle du champ pour établir les estimations concernant l'énergie au micro-niveau. Nous avons ainsi comptabilisé toutes les quantités d'énergie non renouvelable dépensées directement et indirectement pour produire et transporter sur la ferme les produits commercialisables, et ce pour chaque système de production ou technique agronomique (p. ex., types et fréquence des façons culturales; types d'engrais, d'herbicides et d'insecticides, quantités utilisées et modes d'épandage; rendements des cultures et quantité de protéines).

Nous avons converti les quantités physiques des intrants agricoles en dépenses d'énergie à l'aide de coefficients et de paramètres tirés des écrits sur la question et de plusieurs études canadiennes (Nagy 1999). Les coefficients traduisent la somme d'énergie qui a été dépensée pour fabriquer les matériaux et les intrants agricoles et les transporter jusqu'à la ferme. Nous avons posé que la quantité d'énergie produite était égale à la teneur en énergie brute de la céréale ou de la biomasse à la surface du sol. Nous avons calculé l'efficacité ou intensité énergétique des systèmes de production sous forme de rendement énergétique (énergie obtenue divisée par énergie dépensée), d'énergie nette produite (énergie produite moins énergie dépensée) et de quantités de céréales et de protéines obtenues par unité d'énergie dépensée. En outre, nous avons calculé les économies nettes d'énergie (économies attribuables à la diminution d'utilisation des engrais azotés, des machines et d'autres intrants) ainsi que l'augmentation des rendements des cultures pour les différents systèmes de production, et avons comparés ces résultats à des données repères ou de référence appropriées. Nous avons extrapolé à l'échelle de l'exploitation agricole les micro-données en utilisant des fermes représentatives de chaque zone de sols dans chaque province (Hoeppner 2000, Rossetti et Nagy 1999, Zentner, et coll. 2000).

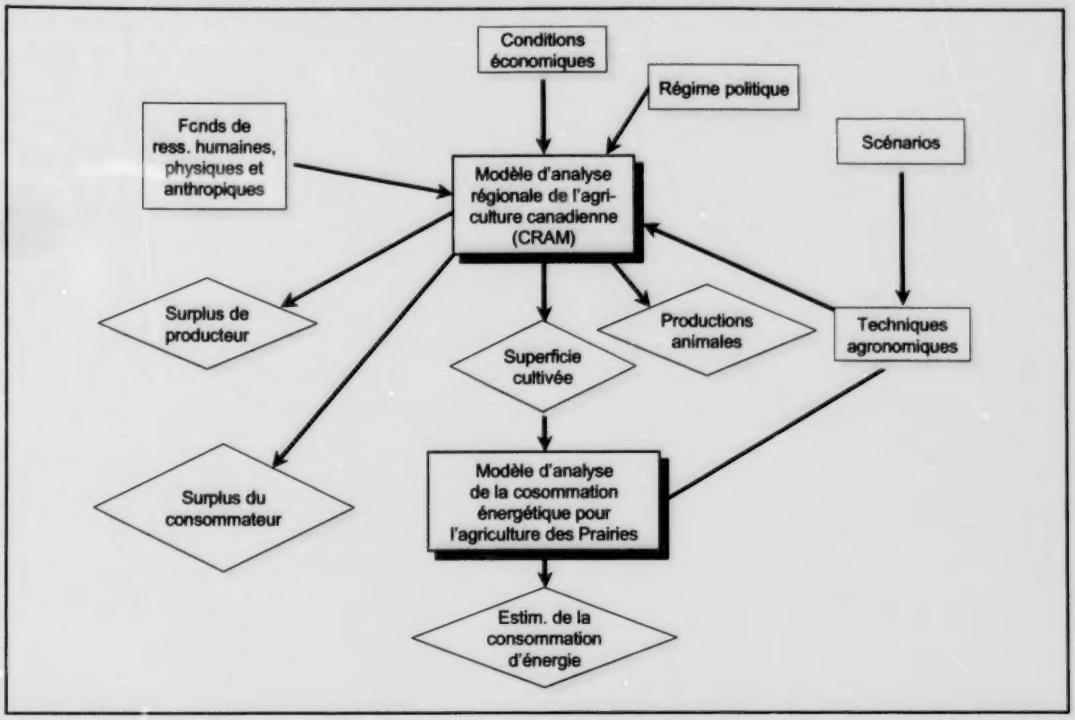
2.2 Macroanalyse

L'objet de la macroanalyse était de transposer à l'échelle régionale (soit la zone de sols, l'agroécosystème, ou la région des Prairies) les données sur la consommation d'énergie recueillies à l'échelle de l'exploitation agricole. Les résultats de la macroanalyse servent de base à la formulation des recommandations s'adressant à trois groupes :

- les producteurs envisageant l'adoption de systèmes et de techniques particulières de production qui sont plus durables du point de vue environnemental et économique;
- les analystes ayant besoin d'orientations pour élaborer des politiques publiques sur la consommation d'énergie;
- le grand public, pour lequel ces recommandations seraient en quelque sorte des indicateurs témoignant de la capacité du Canada de tenir ses engagements internationaux en matière de réduction de la consommation de combustibles fossiles et de rejets de gaz à effet de serre.

Nous avons utilisé le modèle CRAM (modèle d'analyse régionale de l'agriculture du Canada), élaboré par la Direction générale des politiques d'AAC, pour évaluer les effets qu'auraient sur la consommation d'énergie les techniques culturales considérées en fonction de changements donnés (taux d'adoption, superficie touchée, répercussions économiques). Le modèle PCEM (modèle d'analyse de la consommation énergique pour l'agriculture des Prairies) a été construit en tant que module du CRAM pour traduire les effets régionaux de différentes techniques sur la consommation d'énergie non renouvelable. Les résultats économiques et les indicateurs de rendement issus de la microanalyse ont servi principalement à réviser et à modifier les activités de production contenues dans le modèle CRAM. La figure 1 donne une vue d'ensemble du modèle intégré.

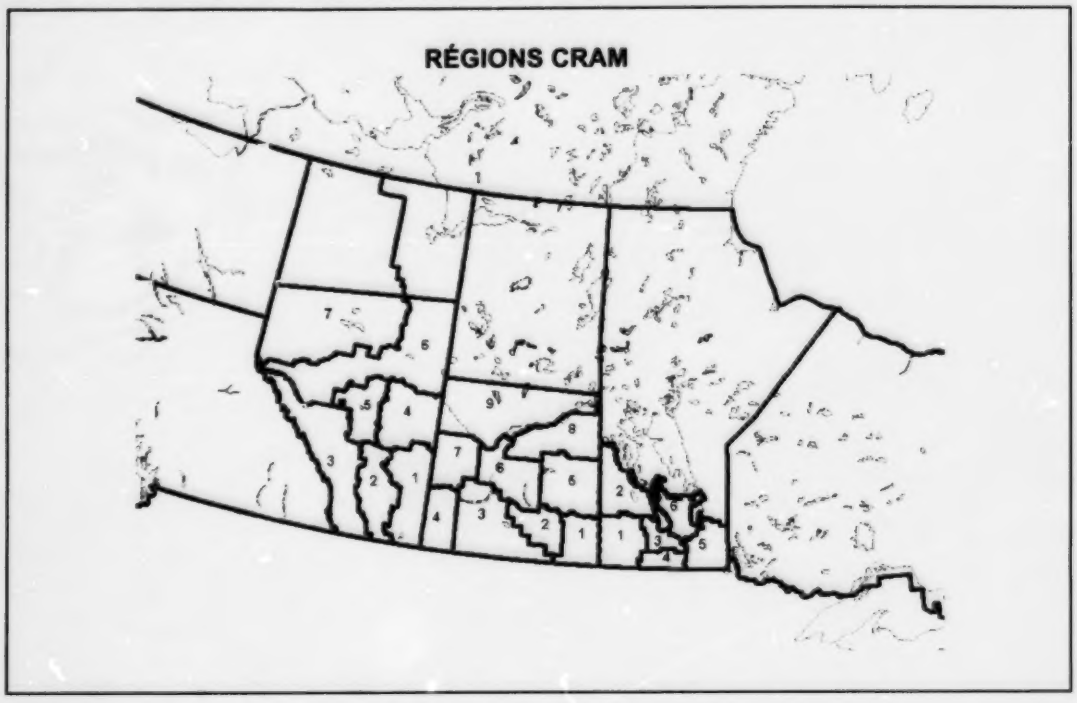
Figure 1 : Vue d'ensemble du modèle intégré



Modèle CRAM (Modèle d'analyse régionale de l'agriculture du Canada)

CRAM est un modèle d'équilibre sectoriel qui a été construit pour l'agriculture canadienne et dont les données sont désagrégées par catégorie de produits et par région (Horner, et coll. 1992). Il est de nature statique — quand un changement y est introduit, il recalcule la nouvelle position d'équilibre, mais ne trace pas le cheminement temporel à suivre pour y arriver. C'est un modèle d'optimisation non linéaire qui maximise le surplus du producteur majoré du surplus du consommateur et diminué des coûts de transport. Il tient compte des échanges tant interprovinciaux qu'internationaux des produits primaires et transformés. Il porte sur sept grandes catégories de produits : céréales, oléagineux, cultures herbagères, bœuf, porc, produits laitiers et volaille (l'horticulture est exclue). Il intègre les effets directs des politiques publiques tels que les paiements gouvernementaux, ainsi que les effets indirects tels que la gestion de l'offre et l'allocation de subventions pour les intrants. Les éléments spatiaux du modèle incluent les productions animales et végétales à l'échelle provinciale, sauf pour les productions végétales dans les trois provinces des Prairies. Le modèle distingue 22 régions agricoles basées sur les limites des districts agricoles de Statistique Canada (figure 2).

Figure 2 : Les régions de production agricole des Prairies dans le modèle CRAM



On peut décrire CRAM comme un modèle de programmation mathématique positive (PMP). Par un procédé de calage, les contraintes artificielles sont éliminées et les techniques culturales, représentées par un ensemble fixe d'intrants, sont remplacées par des relations d'offre à courbe ascendante (Howitt 1995). Les superficies occupées par les céréales, les oléagineux et les cultures herbagères sont déterminées par les variations de la rentabilité relative de ces différentes productions. Le modèle CRAM reproduit pour l'essentiel l'allocation observée d'une ressource fixe et allouable (la terre) en positionnant une courbe de coûts marginaux non observée de façon à obtenir les conditions classiques de la maximisation des bénéfices sous contrainte. Le produit de valeur marginale diminué du coût marginal de chaque extrant doit être égal au rendement de la ressource fixe et allouable (terre). À la marge, ce rendement de la terre est le même pour chaque culture.

L'utilisation de la méthodologie PMP présente l'avantage essentiel d'éliminer les contraintes artificielles qui caractérisent les modèles linéaires traditionnels d'optimisation de la programmation. La seule contrainte qui s'exerce sur la production végétale est la surface totale des terres exploitables dans chaque région. La méthodologie PMP a aussi été intégrée aux composantes bœuf et porc du modèle CRAM pour que la production de ces produits réagisse aux changements de prix, de coûts d'intrant (p. ex. des céréales fourragères) et à la quantité d'aliments du bétail telle qu'influencée par la gamme des cultures.

Modèle PCEM (modèle d'analyse de la consommation énergétique pour l'agriculture des Prairies)

L'objet du PCEM est l'estimation des valeurs agrégées de la production et de la consommation d'énergie et de l'efficacité énergétique à partir des données représentatives relevées à l'échelle de l'exploitation agricole. Le PCEM est un vecteur de la production

d'énergie qui décrit les extrants et les intrants énergétiques relatifs à une culture et à son mode de production. La production nette d'énergie (extrants moins intrants) peut être positive ou négative. Le PCEM multiplie le total de la superficie occupée par une culture donnée et le mode de production par un coefficient énergétique. Ce dernier est une mesure représentative de l'énergie produite ou de l'énergie dépensée par hectare pour une culture donnée et son mode de production, dans une région donnée. L'efficacité ou intensité énergétique d'un système de production est le rapport de l'énergie produite (extrants) à l'énergie dépensée (intrants).

Le PCEM alloue les superficies de terres cultivées à 122 activités de production végétale dans chacune des 22 régions CRAM des Prairies. Les activités de production végétale comprennent les huit grandes cultures céréalières, plus la jachère, la luzerne, le foin et trois catégories « autres » regroupant respectivement les légumineuses à grains, les oléagineux et diverses cultures annuelles qui sont nouvelles ou qui occupent une faible surface. Chaque activité de production végétale peut être obtenue avec l'une des trois méthodes de travail du sol (travail traditionnel, travail du sol réduit, semis direct) et chacune peut succéder à une jachère, à une céréale, à une légumineuse à grains, à la luzerne, au foin ou à un engrais vert. Cependant, les combinaisons culture/travail du sol/précédent cultural ne sont pas toutes présentes dans toutes les régions CRAM pour des raisons agronomiques. Voir au tableau A6, à l'annexe A, la liste complète des activités de production végétale.

Nous avons établi les coefficients énergétiques et les paramètres du PCEM correspondant aux 122 activités de production végétale, dans chaque zone de sols de chaque province, à partir des coûts des intrants, de la consommation d'énergie et des rendements par hectare obtenus dans l'analyse à l'échelle de l'exploitation agricole. Quand cette analyse n'a pas livré de données au sujet d'une activité de production, nous les avons générées en prenant des activités similaires et en rajustant les coefficients pour les rendre compatibles avec cette zone de sols. Nous avons corrigé les coefficients relatifs aux machines et aux carburants en fonction du changement marginal dans l'utilisation d'énergie résultant du changement dans le rendement (voir l'annexe A). Nous avons ensuite multiplié ces coefficients marginaux par la variation du rendement en pourcentage et les avons ajoutés au coefficient énergétique. Nous avons corrigé le coût du carburant en y ajoutant le changement d'énergie multiplié par la valeur monétaire d'un méga-joule d'énergie utilisé dans les pratiques de travail du sol traditionnelles, de travail réduit ou de semis direct.

Nous nous sommes servis des données sur les coûts de la production agricole provenant des ministères provinciaux de l'Agriculture pour élaborer certaines des activités de production végétale. Pour chaque district agricole, le coefficient énergétique, le rendement et les coûts des intrants ont été calculés à l'aide du pourcentage du type de zone de sols dans chaque district. (Voir à l'annexe A, les tableaux A1, A2 et A3 pour les pourcentages des zones de sols utilisés pour élaborer les coefficients des districts de culture.) Les données du Recensement de l'agriculture de 1996 et de l'enquête de 1995 sur les superficies cultivées ont été utilisées pour les répartitions logiques de la superficie allouée aux divers types de cultures pour l'année de référence 1996. En outre, les données du recensement de 1996 ont été utilisées pour contrôler la cohérence des dépenses en engrais, herbicides et carburants qui ont ensuite servi pour contrôler la cohérence des données sur la quantité d'énergie consommée à l'échelle des districts agricoles.

Section 3 : Estimations pour l'année de référence 1996

3.1 Estimations tirées de la microanalyse

Cinq observations ont pu être tirées d'emblée de la microanalyse pour les Prairies dans leur ensemble. La consommation d'énergie globale la plus élevée a été notée (par ordre décroissant) dans les zones de sols noirs, gris, brun foncé et bruns (tableau 1). La consommation va de pair avec le niveau élevé de productivité, puisque l'humidité devient un facteur de moins en moins limitant à mesure que l'on passe de la zone des sols bruns à la zone des sols noirs. La consommation d'énergie va en augmentant de la zone des sols bruns à la zone des sols noirs, à cause de l'utilisation accrue des engrais azotés, d'un travail du sol plus intensif et d'une diminution de la jachère. En outre, elle croît de pair avec l'emploi des engrais azotés, la Saskatchewan étant la province qui s'en sert le moins et le Manitoba, celle qui y recourt le plus. L'inclusion d'une légumineuse à grains ou d'une espèce herbagère dans la rotation fait baisser la consommation d'engrais parce que ce genre de culture n'exige pas d'azote, sinon peu. Le semis direct fait croître la consommation d'énergie liée aux herbicides et aux engrais, ce qui annule en bonne partie les économies d'énergie liées à l'emploi des machines et des carburants fossiles.

3.2 Estimations tirées du modèle CRAM (modèle d'analyse régionale pour l'agriculture canadienne)

Le modèle CRAM a été calé sur les données du Recensement de l'agriculture de 1996, pour ce qui concerne les niveaux déclarés d'activités de production végétale et animale. La superficie agricole totale des Prairies (non compris les herbages naturels ou parcours extensifs) était de 38 millions d'hectares, et se répartissait en 31 millions d'hectares (81 %) de terres cultivées, 7 millions d'hectares de terres à foin et d'herbages améliorés, et 6 millions d'hectares de jachère.

En ce qui concerne les méthodes de travail du sol, nous avons consulté le Recensement de l'agriculture de 1996 pour déterminer la répartition régionale du travail traditionnel, du travail réduit et du semis direct. Les superficies attribuées aux principales cultures des

Prairies figurent au tableau 2. Les céréales et les oléagineux dominent, occupant les deux tiers de la superficie cultivée totale. Bien qu'en progression constante, les cultures de spécialité telles que les lentilles et les pois secs constituaient une petite proportion (2,4 %) de la surface cultivée totale en 1996.

3.3 Estimations tirées du modèle PCEM

Pour 1996, la consommation totale d'énergie dans les Prairies a été estimée à 171 090 térajoules (TJ) (tableau 3). De ce total, l'utilisation des engrais a représenté 51 %, les carburants 28 %, les semences, les machines et les herbicides respectivement 10 %, 6 % et 5 %. La production totale d'énergie a été estimée à 1 620 540 TJ. L'efficacité énergétique, qui est le rapport de la production d'énergie à la consommation d'énergie, était de 9,5 unités pour les Prairies.

Tableau 1 : Bilan énergétique des rotations culturales en fonction du travail du sol, à l'échelle de l'exploitation agricole (MJ ha^{-1})

Sols	Rotation	Travail du sol[a]	Énergie dépensée[b]	Énergie produite[c]	Efficacité[d]
Bruns	Jachère–blé	I	2 469	22 538	9,1
		R	2 464	21 625	8,8
		N	2 818	21 342	7,6
	Jachère–blé–blé	I	3 453	26 538	7,7
		N	3 833	25 708	6,7
	Engrais vert–blé–blé	I	3 804	24 944	6,6
	Blé continu	I	4 861	34 674	7,1
	Jachère–lentilles–blé	I	3 054	23 074	7,6
		N	3 383	23 918	7,1
Brun foncé	Jachère–blé	I	2 290	27 519	12,0
	Jachère–blé–blé	I	3 267	30 321	9,3
	Jachère–canola–blé–orge–foin–foin	I	2 818	32 854	11,7
	Jachère–blé–blé–luzerne–luzerne	I	2 312	30 512	13,2
	Jachère–canola–blé	I	2 859	28 039	9,8
	Jachère–canola–blé	N	3 297	22 945	7,0
	Engrais vert–blé–blé	I	2 626	20 847	8,0
Noirs	Canola–orge–pois–blé	I	7 669	57 914	7,6
		R	7 486	58 348	7,8
		N	7 288	59 831	8,2
	Canola–blé–orge–orge	I	8 887	61 817	7,0
		R	8 714	63 239	7,3
		N	8 436	60 422	7,2
	Canola–pois–lin–orge	I	6 837	49 558	7,2
		R	6 662	47 483	7,1
		N	6 485	50 306	7,8
	Blé–lin–blé d'hiver–pois	I	7 543	43 435	5,8
		R	7 669	45 447	5,9
		N	7 504	44 573	5,9
	Blé–luzerne–luzerne–lin	I	4 167	75 667	18,1
	Blé continu	N	7 336	37 591	5,1
			9 325	49 699	5,3
	Jachère–blé–blé–foin–foin–foin	I	3 818	88 767	23,2
Gris	Canola–orge–pois–blé	I	8 789	52 666	6,0
		R	8 303	50 845	6,1
		N	8 168	48 000	5,9
	Canola–pois–lin–orge	I	8 118	42 969	5,3
		R	7 632	41 574	5,4
		N	7 496	38 495	5,1
	Jachère–canola–blé–orge	I	6 191	26 100	4,2
		N	6 162	27 619	4,5

a. Travail du sol : I—traditionnel, R—réduit, N—semis direct.

b. Dépenses d'énergie liées aux engrais, aux herbicides, aux carburants et à l'énergie intrinsèque des machines; valeurs moyennes calculées sur la durée de la rotation culturale.

c. L'énergie produite correspond au rendement en céréales multiplié par la teneur brute en énergie des céréales mesurée en laboratoire par le test de la bombe calorimétrique; valeurs moyennes calculées sur la durée de la rotation culturale.

d. L'efficacité énergétique est égale au rapport de la quantité d'énergie produite à la quantité d'énergie dépensée.

Sources : Centres de recherches d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, situés à Indian Head, Melfort, Scott, Swift Current et Tisdale (Saskatchewan), Lethbridge et Rycroft (Alberta); en outre, parcelles de recherches de l'Université du Manitoba, situées à Glenlea (Manitoba)

Tableau 2 : Année de référence 1996 : Niveaux des activités

Niveaux des activités (en milliers d'hectares) pour l'année de référence 1996

	Alberta				Saskatchewan				Manitoba	Prairies
Type de sols	**Bruns**	**Brun foncé**	**Noirs**	**Gris**	**Bruns**	**Brun foncé**	**Noirs**	**Gris**	**Global**	**Global**
Jachère	492,25	435,23	271,81	233,67	1 668,31	1 506,74	923,45	296,46	322,46	6 150,38
Blé	519,57	827,15	758,44	520,27	1 344,75	1 964,98	1 686,57	640,15	1 639,55	9 901,43
Blé dur	154,06	133,22	25,83	6,53	864,51	636,95	173,52	9,47	58,84	2 062,93
Orge fourragère	124,01	438,19	782,23	642,15	166,53	387,71	635,05	342,49	477,36	3 995,73
Orge de brasserie	45,11	137,72	120,91	61,64	33,18	103,23	184,45	60,85	157,37	904,48
Avoie	55,39	88,93	186,41	232,07	91,76	201,76	435,06	156,16	426,63	1 874,16
Lin	1,85	6,00	3,52	2,51	15,63	129,17	158,94	43,96	232,29	593,88
Canola	93,50	321,26	427,67	438,20	105,86	454,64	663,81	347,49	641,40	3 493,83
Lentilles	4,56	2,83	0,10	0,00	77,91	156,13	35,45	2,71	15,95	295,64
Pois secs	4,65	27,82	40,81	42,78	24,61	99,89	146,60	87,41	58,63	533,19
Foin	139,56	228,98	587,39	975,65	198,82	264,07	410,71	218,04	753,48	3 776,70
Autres légumineuses à grains	8,80	4,57	0,04	0,03	2,48	2,26	0,39	0,01	34,81	53,38
Autres oléagineux	14,23	17,62	8,97	0,94	49,38	99,15	64,01	13,17	30,43	297,89
Autres céréales	43,13	44,25	72,65	96,78	99,39	145,92	103,08	44,73	161,94	811,87
Herbages améliorés	253,83	306,72	587,22	764,83	360,15	300,03	381,08	192,04	356,24	3 504,15
Herbages naturels	2 271,45	1 161,14	1 773,87	1 409,05	89,38	757,48	1 109,96	534,49	1 653,83	10 760,66

Source : CRAM

Tableau 3 : Année de référence 1996 : Bilan énergétique

1996 Baseline Energy Use Levels ('000' TJ) (NEED THE FRENCH)

	Alberta				Saskatchewan				Manitoba	Prairies
Type de sols	**Bruns**	**Brun foncé**	**Noirs**	**Gris**	**Bruns**	**Brun foncé**	**Noirs**	**Gris**	**Global**	**Global**
Consommation d'énerige	5,38	13,23	19,17	17,93	12,76	23,52	30,80	13,68	34,62	171,09
Production d'énergie	57,47	123,21	188,62	195,84	140,60	225,76	274,39	119,53	295,12	1 620,54
Efficacité énergétique	10,67	9,31	9,84	10,92	11,02	9,60	8,91	8,74	8,52	9,47

Source : PCEM

Section 4 : Estimations pour l'année de référence 2010 avec maintien du statu quo

4.1 Estimations tirées du modèle CRAM

Les niveaux d'activités agricoles primaires utilisés dans le modèle CRAM pour l'année de référence 2010 avec maintien du statu quo (MSQ) sont basés principalement sur les données du scénario de référence des politiques à moyen terme (SRPMT), décrit dans le document de même nom (1999a) d'Agriculture et Agroalimentaire Canada. Le scénario SRPMT présente, pour la période se terminant en 2007, un scénario stratégique reposant sur trois hypothèses :

- conditions politiques et macroéconomiques mondiales stables;
- conditions météorologiques normales;
- maintien de l'environnement politique international et national.

Nous avons établi les prévisions concernant les niveaux de productions végétales et animales pour l'année 2010 d'après les tendances historiques et le SRPMT. Quant aux prévisions concernant les modes d'exploitation des terres (recours à la jachère et répartition des superficies selon les méthodes de travail du sol), elles se fondent sur les recensements de l'agriculture de 1981, 1986, 1991 et 1996.

Nous avons posé huit hypothèses pour construire la référence 2010 avec MSQ dans le modèle CRAM :

- maintien de la superficie consacrée à la production agricole au niveau de 1996, et répartition régionale des cultures fondée sur le SRPMT;
- augmentation du rendement des céréales, des oléagineux et des herbages en conformité avec les tendances historiques, pour rendre compte des améliorations technologiques découlant de la recherche-développement;

- augmentation des coûts de production en fonction de l'indice des prix des entrées dans l'agriculture (IPEA);
- indexation des coûts de transport en fonction du SRPMT;
- augmentation de 25 % de la consommation des engrais azotés dans l'Ouest canadien, par rapport aux niveaux de 1996;
- supposition que la proportion des cultures semées directement serait de 30 %, mais avec des variations considérables d'un secteur à l'autre des Prairies;
- superficie en jachère de cinq millions d'hectares;
- évolution des prix des produits primaires (productions végétales et animales) fondée sur le SRPMT.

Outre ces huit hypothèses, nous avons apporté certaines corrections au modèle CRAM pour obtenir une solution optimale avec les niveaux d'activité appropriés des productions végétales et animales. Comme l'offre de fourrages calculée dans le modèle CRAM ne suffisait pas pour répondre à la demande résultant de l'accroissement du cheptel bovin, nous avons augmenté les rendements en fourrage de 10 % de plus. Par ailleurs, les prévisions du SRPMT concernant des prix relativement bas pour le bœuf et le porc en 2010, s'ajoutant au renchérissement des intrants, faisaient passer la production de bœuf et de porc au-dessous des niveaux du SRPMT dans le modèle CRAM. Pour pallier cette faiblesse, nous avons relevé les prix du bœuf et du porc de 15 % et de 30 %, respectivement. À noter que ces modifications n'ont pas d'effet sur la consommation prévue d'énergie puisque celle-ci est déterminée par les niveaux des activités de production végétale qui sont conformes à ceux du SRPMT. Un résumé des activités de production végétale pour 2010 est présenté dans le tableau 4. Bien que la superficie totale des terres cultivées ne s'étende pas, les productions végétales augmentent nettement en raison de la diminution de la jachère et de la progression des rendements.

4.2 Estimations tirées du modèle PCEM

La consommation totale d'énergie dans les Prairies en 2010 a été estimée à 192 000 TJ, en hausse de 21 000 TJ (12 %) par rapport aux chiffres de référence de 1996 (tableau 5). La production totale d'énergie a été estimée à 1 985 000 TJ, en hausse de 364 000 TJ (23 %). L'efficacité énergétique est de 10,4 unités, en hausse de 0,9 unité. L'efficacité énergétique la plus élevée concerne les zones de sols bruns de la Saskatchewan (12,6 unités) et de l'Alberta (12,0 unités), où une proportion plus élevée de la superficie est consacrée aux cultures herbagères. Les dépenses d'énergie et la production d'énergie ont augmenté dans toutes les zones de sols à cause de l'expansion des superficies cultivées et du rétrécissement des superficies en jachère.

Tableau 4 : Année de référence 2010 avec MSQ : Niveaux des activités

Niveaux des activités (en milliers d'ha) pour l'année de référence 2010 avec MSQ										
	Alberta				Saskatchewan				Manitoba	Prairies
Type de sols	Bruns	Brun foncé	Noirs	Gris	Bruns	Brun foncé	Noirs	Gris	Global	Global
Jachère	405,72	353,44	187,32	156,06	1 394,21	1 234,00	702,04	198,21	170,36	4 801,37
Blé	515,73	793,67	742,19	491,35	1 310,31	1 871,50	1 614,42	602,89	1 553,09	9 495,14
Blé dur	175,71	144,22	28,32	6,91	1 016,10	707,37	187,53	10,04	63,36	2 339,56
Orge fourragère	73,08	192,19	359,51	375,17	71,07	75,45	219,15	158,76	278,23	1 802,61
Orge de brasserie	111,47	349,78	503,28	287,71	163,38	397,95	538,35	206,19	331,14	2 889,25
Avoie	46,47	69,23	146,15	183,91	78,62	160,48	340,31	120,07	329,39	1 474,62
Lin	2,69	8,42	4,88	3,41	23,54	182,16	222,71	60,33	319,28	827,42
Canola	142,72	467,96	620,59	627,33	167,42	670,93	960,05	494,33	920,15	5 071,48
Lentilles	4,63	2,74	0,31	0,14	80,44	152,09	37,39	5,36	15,09	298,19
Pois secs	8,52	48,87	71,50	74,83	44,04	178,16	256,23	150,34	101,63	934,12
Foin	146,55	226,62	587,11	975,62	215,42	265,65	402,40	210,51	738,97	3 768,86
Autres légumineuses à grains	6,75	4,18	0,00	0,01	2,01	2,33	0,43	0,01	30,76	46,48
Autres oléagineux	11,30	15,41	3,32	0,36	65,35	94,84	51,71	11,98	23,80	278,07
Autres céréales	32,66	22,37	24,24	59,79	49,80	96,47	57,21	24,53	131,13	498,20
Herbages améliorés	247,45	300,96	572,45	745,60	351,04	292,49	371,50	187,22	347,28	3 415,98
Herbages énergétique	2 271,45	1 161,14	1 773,87	1 409,05	773,65	975,60	1 117,59	534,49	1 653,83	11 670,67

Source : CRAM

Tableau 5 : Année de référence 2010 avec MSQ : Bilan énergétique

Différence par rapport à l'année de référence 2010 avec MSQ (en milliers de TJ)										
	Alberta				Saskatchewan				Manitoba	Prairies
Type de sols	Bruns	Brun foncé	Noirs	Gris	Bruns	Brun foncé	Noirs	Gris	Global	Global
Consommation d'énergie	6,05	14,69	21,47	20,14	14,02	25,95	34,59	15,28	39,51	191,72
Production d'énergie	72,76	154,58	239,84	238,91	176,22	277,96	334,52	144,54	345,48	1 984,80
Efficacité énergétique	12,03	10,52	11,17	11,86	12,57	10,71	9,67	9,46	8,74	10,35

Source : PCEM

Section 5 : Description des scénarios et résultats selon les modèles CRAM et le PCEM

5.1 Efficacité accrue de l'utilisation de l'azote

Description

Les chercheurs scientifiques recommandent que l'on accroisse l'efficacité des engrais azotés en les utilisant mieux. On peut y arriver en employant moins d'engrais, mais cette condition n'est pas obligatoire. Leur efficacité peut en effet être rehaussée en modifiant les techniques culturales ou en pratiquant une « réduction environnementale » tenant compte des facteurs externes négatifs reliés aux engrais azotés. À court terme, il est possible de rendre les engrais plus efficaces en choisissant mieux les moments et les lieux d'épandage, en réduisant les doses et en les adaptant plus exactement aux besoins de la culture. Les résultats obtenus seront d'autant meilleurs que le sol sera mieux pourvu en matière organique. La matière organique du sol possède une grande capacité de stocker les éléments nutritifs sous des formes biodisponibles. Elle réduit aussi le risque de déperdition de ces éléments par la lixiviation et l'érosion. Les gains à long terme réalisés au chapitre de l'utilisation des engrais doivent être associés à des systèmes culturaux, comme le travail réduit du sol et le semis direct, qui ont pour effet d'enrichir le sol en matière organique avec le temps.

Les hypothèses sous-tendant ce scénario sont résumées dans le tableau 6. Une seule pratique de gestion des engrais azotés a été modifiée dans ce scénario par rapport à l'année de référence 2010 avec MSQ – l'élimination de l'épandage d'azote en automne.

Dans les Prairies, le modèle CRAM ne fait pas de distinction entre les épandages d'engrais à l'automne et au printemps. Pour mesurer l'effet du choc imposé dans ce scénario, nous avons supposé qu'actuellement la quantité totale d'engrais est épandue à l'automne et au printemps (dans la proportion 30/70) et qu'avec l'élimination de l'épandage d'automne, la consommation totale d'engrais peut être réduite dans la même proportion que l'efficacité reliée à l'épandage d'automne. Dans le CRAM, pour l'année 2010 avec MSQ, l'emploi d'engrais azoté dans les Prairies a été augmenté de 25 % par rapport aux niveaux de 1996,

pour la raison que la situation de déficit d'azote ne peut pas se prolonger indéfiniment. Les baisses de consommation par district agricole sont indiquées dans l'annexe B. L'épandage d'automne ayant été éliminé, la croissance prévue du recours à l'azote dans ce scénario sera légèrement plus faible que dans la base MSQ. Étant donné que le prix de l'engrais est de 12 % plus élevé au printemps, nous avons corrigé le coût de l'engrais (annexe B) pour traduire le fait que la totalité de l'engrais est achetée au printemps au prix fort (ou à l'automne, mais avec les frais d'entreposage en hiver).

Tableau 6 : Hypothèses sous-tendant le scénario de l'efficacité accrue de l'utilisation de l'azote

Taux d'adoption	Taux d'adoption de 100 % en 2010
Productivité	L'utilisation plus efficace de l'azote n'a pas d'effet sur le rendement des cultures
Consommation des intrants	La consommation d'engrais diminue dans les proportions prescrites (voir l'annexe B)
Coût de production	L'engrais azoté coûte 12 % de plus au printemps qu'en automne

Résultats tirés du modèle CRAM

Le scénario suppose un moindre recours aux engrais rendu possible par un meilleur épandage sur les terres cultivées dans les Prairies. La réduction de la consommation d'azote entraîne une légère modification dans la gamme des cultures produites dans les différentes zones de sols (tableau 7). Dans les zones de sols brun foncé et bruns de l'Alberta et de la Saskatchewan, le coût effectif de l'engrais augmente puisque la hausse du prix des engrais n'est pas contrebalancée par un meilleur emploi de ces derniers. Ceci a pour résultat une baisse des cultures de céréales et d'oléagineux au profit du foin, des pois secs et de la jachère. Dans les zones de sols noirs et gris, l'utilisation plus efficace de l'engrais compense l'élévation de son coût. Les superficies en lentilles, pois secs, foin et jachère diminuent tandis que les superficies occupées par la plupart des céréales et des oléagineux s'étendent. Les résultats sont logiques étant donné les différences pédologiques et climatiques. Dans les Prairies, les superficies en blé, orge de brasserie et canola ont augmenté respectivement de 26 000, 16 000 et 14 200 hectares (0,3 %, 0,5 % et 0,3 %), tandis que la superficie en foin a diminué de 51 700 hectares (1,4 %).

Résultats tirés du modèle PCEM

Dans le scénario d'une meilleure utilisation de l'azote, la consommation d'énergie a diminué, dans les Prairies, de 7 090 TJ (3,7 %) par rapport à l'année de référence 2010 avec MSQ (tableau 8). Cette baisse résulte d'une réduction de l'emploi d'engrais azoté. Les économies d'énergie atteignaient respectivement 1 930, 1 440 et 840 TJ dans les zones des sols noirs du Manitoba, de la Saskatchewan et de l'Alberta. La consommation d'énergie a fléchi légèrement dans la zone des sols bruns par suite d'un accroissement de la superficie en foin et en pois secs et d'un recul de la superficie en céréales. En outre, plus de cultures seraient semées sur jachère, ce qui réduit l'emploi de l'azote. Par contre, la hausse de la superficie en jachère a fait baisser légèrement la production d'énergie. Le résultat net est une légère augmentation de l'efficacité énergétique respectivement de 0,14 et de 0,08 unité pour les zones des sols bruns de l'Alberta et de la Saskatchewan. L'efficacité énergétique s'est élevée le plus dans les zones des sols gris et noirs de l'Alberta et de la Saskatchewan, car la consommation d'engrais azoté y était plus forte au départ et a donc permis de meilleurs

gains à mesure que l'emploi de l'azote s'améliorait. La diminution de la jachère dans les zones de sols brun foncé, noirs et gris, toutes situées en Saskatchewan, a fait monter la production d'énergie, puisqu'une plus grande superficie a été cultivée. La production totale d'énergie a grimpé de 4 030 TJ dans les Prairies, améliorant de 0,4 unité l'efficacité énergétique.

5.2 Pratique accrue du semis direct

Description

Dans ce scénario, le taux d'adoption du semis direct est passé de 31 %, dans l'année de référence 2010 avec MSQ, à 52 % de la superficie cultivée (tableau 9). L'expansion des superficies en semis direct a réduit d'environ un tiers l'étendue où on se livre au travail traditionnel ou réduit du sol. Ce changement se répercute sur la gamme des intrants agricoles utilisés. La pratique du semis direct privilégie le recours aux herbicides plutôt qu'au sarclage. Par conséquent, quand elle augmente par rapport à celle du travail du sol traditionnel, l'emploi des herbicides s'accroît et celui des machines et des carburants fossiles diminue. Nous avons rehaussé la consommation de l'engrais azoté de 5 % par rapport à la base 2010 avec MSQ pour que la production de biomasse végétale ne soit pas contrainte par une limitation de l'azote.

Les résultats tirés du modèle CRAM

L'expansion des superficies faisant l'objet du semis direct a pour conséquence de réduire de 35 700 hectares les surfaces en jachère dans les Prairies. Nous avons supposé que la superficie cultivée totale demeurait constante, toutes zones de sol confondues. Nous avons augmenté l'étendue des terres ensemencées directement et diminué la superficie des terres où le travail est réduit ou traditionnel.

Les résultats tirés du modèle PCEM

Le doublement du taux d'adoption du semis direct, par rapport aux niveaux de l'année de référence, a fait baisser la consommation d'énergie de 2 270 TJ (1,0 %) dans les Prairies (tableau 10). La consommation d'énergie liée aux engrais et aux herbicides a augmenté, mais celle liée aux carburants et aux machines a baissé, d'où une réduction de la consommation toutes zones de sols confondues. La production totale d'énergie a également diminué de 8 060 TJ, d'où une progression de 0,08 unité de l'efficacité énergétique. La baisse de la production d'énergie résulte de la hausse des cultures sur chaume avec semis direct; par contre, la baisse de la consommation d'énergie entraîne un gain net au niveau de l'efficacité énergétique.

C'est dans ce scénario que la consommation d'énergie liée aux herbicides est la plus élevée, et l'augmentation est directement reliée au remplacement du travail du sol par les herbicides. L'augmentation a été la plus élevée dans la zone des sols bruns (28 %) et la plus basse dans la zone des sols noirs (12 %), toutes les deux en Saskatchewan. Cette différence est principalement attribuable à l'agrandissement de la surface en jachère dans la zone des sols bruns et au rétrécissement de la zone des sols noirs.

Tableau 7 : Efficacité accrue de l'utilisation de l'azote : Niveaux des activités

	Différence par rapport aux niveaux de l'année de référence 2010 avec MSQ (en milliers d'hectares)										*Scénario*
	Alberta				Saskatchewan				Manitoba	Prairies	Prairies
Type de sols	Bruns	Brun foncé	Noirs	Gris	Bruns	Brun foncé	Noirs	Gris	Global	Global	Global
											en milliers d'hectares
Jachère	0,34	-0,22	-0,19	0,05	1,72	-1,34	-7,78	-2,91	-1,20	-11,53	4,80
Blé	-0,15	-0,80	1,15	8,46	-0,53	0,93	5,44	2,92	8,64	26,04	9,49
Blé dur	-0,09	0,00	0,05	0,04	-2,05	-0,62	0,45	0,03	0,01	-2,18	2,34
Orge fourragère	-0,25	-0,35	-0,08	1,10	-0,33	-0,24	-0,37	-0,37	0,00	-0,89	1,80
Orge de brasserie	-0,27	0,13	2,59	5,75	-0,11	0,41	4,31	1,40	1,80	16,01	2,89
Avoine	-1,24	-1,31	-0,42	6,42	-0,94	-0,78	2,66	1,50	0,01	5,89	1,47
Lin	0,00	0,00	0,03	0,09	-0,09	0,01	1,08	0,51	0,29	1,92	0,83
Canola	-0,20	-0,23	1,51	6,00	-0,56	-0,44	2,57	3,02	2,49	14,16	5,07
Lentilles	0,02	0,01	0,00	0,00	-0,03	0,24	-0,27	-0,12	-0,22	-0,38	0,30
Pois secs	0,08	0,69	0,82	0,34	0,27	0,59	-1,36	-1,49	-0,78	-0,84	0,93
Foin	1,96	2,20	-6,29	-31,26	3,53	2,34	-7,84	-5,06	-11,27	-51,70	3,77
Autres légumineuses à grains	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,57	-0,55	0,05
Autres céréales	-0,01	0,00	0,01	0,00	-0,10	0,01	0,09	0,03	0,02	0,05	0,28
Autres céréales	-0,18	-0,11	0,78	2,77	-0,74	-0,94	0,98	0,53	0,80	3,88	0,50

Source : CRAM

Tableau 8 : Efficacité accrue de l'utilisation de l'azote : Bilan énergétique

	Différence par rapport à l'année de référence 2010 avec MSQ (en milliers de TJ)										*Scénario*
	Alberta				Saskatchewan				Manitoba	Prairies	Prairies
Type de sols	Bruns	Brun foncé	Noirs	Gris	Bruns	Brun foncé	Noirs	Gris	Global	Global	Global
Consommation d'énergie	-0,07	-0,33	-0,84	-1,16	-0,09	-0,53	-1,44	-0,70	-1,93	-7,09	184,63
Production d'énergie	-0,03	0,07	0,50	1,41	-0,03	0,18	0,83	0,32	0,77	4,03	1 988,84
Efficacité d'énergie	0,14	0,25	0,48	0,80	0,08	0,23	0,45	0,47	0,47	0,42	10,77

Source : PCEM

Tableau 9 : Hypothèses sous-tendant le scénario de la pratique accrue du semis direct

		2010 avec MSQ	Scénario
Taux d'adoption	Semis direct	31 %	52 %
	Travail réduit	37 %	25 %
	Travail traditionnel	32 %	23 %
Productivité	Les rendements agronomiques ne changent pas		
Emploi d'intrants	• La structure de coûts du modèle CRAM varie selon les méthodes de travail du sol; la méthode du semis direct tend à faire baisser les dépenses liées aux machines, mais exige plus de produits agrochimiques • L'utilisation d'azote est de 5 % plus élevée que dans la base 2010 avec MSQ pour les nouvelles terres faisant l'objet du semis direct		
Coût de production	Pas de changement par rapport à l'année de référence 2010 avec MSQ, sauf pour l'augmentation de 5 % de la consommation d'engrais azoté mentionnée ci-dessus		
Allocation des superficies	Maintenue constante		

Les résultats tirés du modèle CRAM

L'expansion des superficies faisant l'objet du semis direct a pour conséquence de réduire de 35 700 hectares les surfaces en jachère dans les Prairies. Nous avons supposé que la superficie cultivée totale demeurait constante, toutes zones de sol confondues. Nous avons augmenté l'étendue des terres ensemencées directement et diminué la superficie des terres où le travail est réduit ou traditionnel.

Les résultats tirés du modèle PCEM

Le doublement du taux d'adoption du semis direct, par rapport aux niveaux de l'année de référence, a fait baisser la consommation d'énergie de 2 270 TJ (1,0 %) dans les Prairies (tableau 10). La consommation d'énergie liée aux engrais et aux herbicides a augmenté, mais celle liée aux carburants et aux machines a baissé, d'où une réduction de la consommation toutes zones de sols confondues. La production totale d'énergie a également diminué de 8 060 TJ, d'où une progression de 0,08 unité de l'efficacité énergétique. La baisse de la production d'énergie résulte de la hausse des cultures sur chaume avec semis direct; par contre, la baisse de la consommation d'énergie entraîne un gain net au niveau de l'efficacité énergétique.

C'est dans ce scénario que la consommation d'énergie liée aux herbicides est la plus élevée, et l'augmentation est directement reliée au remplacement du travail du sol par les herbicides. L'augmentation a été la plus élevée dans la zone des sols bruns (28 %) et la plus basse dans la zone des sols noirs (12 %), toutes les deux en Saskatchewan. Cette différence est principalement attribuable à l'agrandissement de la surface en jachère dans la zone des sols bruns et au rétrécissement de la zone des sols noirs.

Tableau 10 : Pratique accrue du semis direct : Bilan énergétique

	Différence par rapport à l'année de référence 2010 avec MSQ (en milliers de TJ)										*Scénario*
	Alberta				Saskatchewan				Manitoba	Prairies	Prairies
Type de sols	**Brunes**	**Brun foncé**	**Noirs**	**Gris**	**Brunes**	**Brun foncé**	**Noirs**	**Gris**	**Global**	**Global**	**Global**
Consommation d'énergie	-0,05	-0,17	-0,30	-0,28	-0,08	-0,13	-0,54	-0,25	-0,48	-2,27	189,45
Production d'énergie	-0,16	-1,14	-2,04	-1,82	-0,06	-0,08	-1,00	-0,66	-1,10	-8,06	1 976,78
Efficacité énergétique	0,07	0,05	0,06	0,07	0,07	0,05	0,12	0,11	0,08	0,08	10,43

Source : PCEM

5.3 Diminution de la superficie en jachère

Description

La jachère est courante dans les Prairies, bien qu'elle connaisse un certain déclin comme en témoignent les chiffres de 5,0 millions d'hectares établis dans la base 2010 avec MSQ, comparativement à 7,8 millions d'hectares en 1996. Dans le présent scénario, nous avons accentué la diminution de la jachère de 50 % dans les zones de sols noirs et gris, de 40 % dans la zone des sols bruns et de 30 % dans la zone des sols bruns, ce qui donne une baisse moyenne de 38 % pour l'ensemble des Prairies (tableau 11). Les données du recensement de 1996 montrent que la superficie en jachère dans les Prairies a diminué de 22 % en Saskatchewan et de 19 % en Alberta depuis 1991 (Statistique Canada, 1997). Par contre, la superficie en jachère a augmenté de 9 % au Manitoba au cours de cette période. Dans l'ensemble, elle devrait continuer à reculer à mesure que les producteurs s'engagent dans des rotations plus longues et plus diversifiées.

Tableau 11 : Hypothèses sous-tendant le scénario de la diminution de la superficie en jachère

Taux d'adoption	Zone de sols (millions d'ha)	2010 MSQ	Scénario	Variation en %
	Noirs/Gris	1,4	0,7	-50 %
	Brun foncé	1,4	0,8	-40 %
	Brun	2,7	1,5	-30 %
	Prairies	4,9	3,0	-38 %
Productivité	L'augmentation du carbone dans le sol n'a aucun effet sur le rendement des cultures			
Emploi des intrants	Dans le modèle CRAM, la structure des coûts diffère selon que les cultures sont cultivées sur chaume ou sur jachère. Aucun changement par rapport à la base MSQ			
Coût de production	Aucun changement par rapport à la base MSQ			

Les résultats tirés du modèle CRAM

Les résultats du CRAM ont indiqué que la diminution de la superficie en jachère entraînait d'autres changements. Elle fait baisser la quantité de canola cultivée dans toutes les zones de sols, et la quantité de blé tendre et de blé dur dans la zone des sols bruns. Ces cultures sont traditionnellement semées sur jachère. La réduction de la superficie en jachère a fait croître l'étendue des cultures semées sur chaume. Bien que les rendements des cultures sur chaume soient inférieurs à ceux des cultures sur jachère, la production totale de céréales s'élève en proportion de l'augmentation de la superficie ensemencée comparativement à l'année de référence 2010 avec MSQ. En outre, l'utilisation d'intrants culturaux tels que les engrais et les pesticides grimpe dans la même proportion que la superficie ensemencée. La superficie portant du foin et la plupart des plantes de grande culture a augmenté par rapport à l'année de référence 2010 avec MSQ en raison de la diminution de la superficie en jachère (tableau 12).

Résultats tirés du modèle PCEM

Dans le scénario prévoyant la réduction de la superficie en jachère, la consommation d'énergie dans les Prairies a augmenté de 3 790 TJ (2,0 %) par rapport à la base 2010 avec

MSQ (tableau 13). La plus forte consommation d'énergie dans le secteur des productions végétales est due à l'utilisation des engrais et des pesticides qui a augmenté dans la même proportion que la superficie ensemencée. La consommation d'énergie s'est surtout accrue dans les zones de sols brun foncé et noirs de la Saskatchewan, respectivement de 1 520 et 1 200 TJ. La consommation d'énergie baisse dans la zone des sols bruns, puisque le recul de la superficie en cultures annuelles annule l'augmentation de la consommation d'énergie liée aux engrais, laquelle découle de la progression des cultures annuelles semées sur chaume. Au Manitoba, la consommation d'énergie augmente légèrement et la production d'énergie diminue légèrement à cause de l'expansion des cultures annuelles réalisée aux dépens de la jachère et du foin. Le résultat net est une diminution de l'efficacité énergétique de 0,06 unité pour le Manitoba. L'efficacité énergétique s'atténue aussi dans la zone des sols brun foncé en Saskatchewan, puisque l'emploi plus marqué des engrais azotés n'est pas compensé par la croissance de la production. La production totale d'énergie a augmenté de 41 220 TJ, entraînant une légère progression de l'efficacité énergétique de 0,01 unité pour l'ensemble des Prairies.

C'est dans le scénario prévoyant un rétrécissement de la superficie en jachère que la consommation d'énergie liée à l'utilisation des engrais est la plus élevée pour toutes les zones de sols, sauf dans les zones des sols gris de l'Alberta. La consommation d'énergie liée à l'engrais croît le plus par rapport à la base 2010 avec MSQ dans la zone des sols brun foncé de la Saskatchewan (9,9 %) et les zones des sols bruns de la Saskatchewan (8,7 %) et de l'Alberta (7,1 %). La superficie en cultures sur chaume augmente proportionnellement plus dans les zones de sols bruns et brun foncé et, en outre, la consommation d'engrais y est moins élevée que dans les zones de sols noirs. Par conséquent, les hausses les plus fortes de la consommation d'énergie liée aux engrais se produiraient dans les zones des sols bruns et brun foncé.

5.4 Fréquence accrue des cultures herbagères dans les rotations

Description

Dans ce scénario, la superficie consacrée aux productions herbagères est portée à 2,6 millions d'hectares pour la région des Prairies (tableau 14). Nous avons supposé que les productions herbagères dans la zone des sols bruns consisteraient uniquement en herbages offrant une couverture permanente à long terme. L'expansion rapide du secteur de l'élevage créera un marché capable d'absorber l'augmentation de la production herbagère dans les rotations des cultures annuelles dans les autres zones de sols.

Les légumineuses fourragères qui transforment l'azote atmosphérique en des formes assimilables par les plantes réduisent la quantité d'engrais azoté à apporter aux cultures céréalières et oléagineuses qui leur succèdent dans la rotation. Du fait des avantages apportés par les fourrages dans la rotation, nous avons rehaussé les rendements des céréales et des oléagineux en fonction de l'importance de la production fourragère notée en 1996 dans chaque district agricole (voir l'annexe C). Nous avons supposé que les rendements en céréales et oléagineux augmentaient de 10 % dans les districts agricoles dont une petite superficie seulement était consacrée aux cultures herbagères en 1996. Dans les districts agricoles où la production de fourrages et de foin représentait plus de 25 % des terres cultivées en 1996, nous avons supposé que l'essentiel des gains de rendements résultant de l'inclusion des cultures herbagères dans la rotation avait déjà été obtenu et nous avons limité à 2 % les nouvelles hausses de rendement.

Tableau 12 : Diminution des superficies en jachère : Niveaux des activités

Différence par rapport à l'année de référence 2010 avec MSQ (en milliers d'hectares)											*Scénario*
	Alberta				Saskatchewan				Manitoba	Prairies	Prairies
Type de sols	**Bruns**	**Brun foncé**	**Noirs**	**Gris**	**Bruns**	**Brun foncé**	**Noirs**	**Gris**	**Global**	**Global**	**Global**
											en milliers d'hectares
Jachère	-153,68	-146,93	-83,86	-89,62	-384,99	-445,20	-307,13	-97,61	-85,18	-1 794,20	3
Blé	-34,89	67,21	41,14	12,35	-59,90	109,42	61,03	0,34	37,79	234,50	9,37
Blé dur	-10,72	5,20	0,38	-0,11	-52,17	6,08	7,48	-0,01	0,27	-43,60	2,30
Orge fourragère	7,87	8,86	2,86	0,76	9,20	8,53	10,07	5,34	2,77	56,25	1,86
Orge de brasserie	18,21	37,12	24,15	13,96	30,41	70,85	67,74	18,59	12,95	293,98	3,18
Avoie	25,34	9,86	13,72	14,84	39,97	55,06	57,15	17,24	13,43	246,62	1,72
Lin	0,28	0,60	0,26	0,32	4,06	22,13	24,29	5,11	6,39	63,45	0,89
Canola	-37,81	-90,38	-51,76	-47,61	-24,81	-128,90	-128,06	-32,69	-53,22	-595,23	4,48
Lentilles	1,41	0,53	0,02	0,02	26,32	36,70	6,39	0,55	0,27	72,21	0,37
Pois secs	3,38	10,54	10,49	10,52	23,36	67,68	62,02	27,56	9,11	224,66	1,16
Foin	9,86	12,55	34,77	87,93	26,39	29,41	26,25	7,35	-3,84	230,67	3,99
Autres légumineuses à grains	1,99	0,78	0,00	0,00	0,59	0,42	0,05	0,00	-0,39	3,44	0,05
Autres oléagineux	0,22	0,20	0,02	0,00	1,38	1,39	0,55	0,09	0,02	3,87	0,28
Autres céréales	7,64	3,15	1,59	4,14	15,50	25,15	7,45	1,75	2,97	69,35	0,57

Source : CRAM

Tableau 13 : Diminution des superficies en jachère : Bilan énergétique

Différence par rapport à l'année de référence 2010 avec MSQ (en milliers de TJ)											*Scénario*
	Alberta				Saskatchewan				Manitoba	Prairies	Prairies
Type de sols	**Bruns**	**Brun foncé**	**Noirs**	**Gris**	**Bruns**	**Brun foncé**	**Noirs**	**Gris**	**Global**	**Global**	**Global**
Consommation d'énergie	-0,04	0,36	0,34	-0,04	-0,09	1,52	1,20	0,29	0,25	3,79	195,51
Production d'énergie	-0,49	4,47	4,63	3,58	-0,67	14,43	12,33	3,08	-0,13	41,22	2 026,03
Efficacité énergétique	-0,01	0,05	0,04	0,20	0,03	-0,07	0,02	0,02	-0,06	0,01	10,36

Source: PCEM

Tableau 14 : Hypothèses sous-tendant le scénario de la fréquence accrue des cultures herbagères dans les rotations

Taux d'adoption	2,6 millions d'hectares (9 % des terres cultivées actuelles)			
Productivité	Augmentation du rendement	Des terres à foin aux terres cultivées (%)		
		<10 %	10-25 %	>25 %
	Céréales et oléagineux	10 %	5 %	2 %
	Foin	10 %	5 %	2 %
Coût de production	Coûts conformes à l'année de référence 2010 avec MSQ			

Le rapport entre les terres à foin et les terres cultivées a été calculé pour chaque district agricole sur la base des données de 1996 (voir l'annexe C). Les variations de productivité sont fondées sur la superficie relative qui sert actuellement à produire du foin dans chaque district agricole. Comme l'augmentation des cultures herbagères sera uniforme, plus la superficie actuelle en foin sera petite, et plus l'expansion de la superficie en production herbagère sera grande. Par exemple, dans le district agricole SA4 du sud-ouest de la Saskatchewan, le rapport des terres à foin aux terres cultivées est seulement de 5 %. Le fait d'augmenter de 10 % par année la proportion des terres cultivées consacrée aux cultures herbagères aura une plus grande incidence relative.

Les résultats tirés du modèle CRAM

La conversion de 2,6 millions d'hectares de terres des Prairies aux cultures herbagères aurait pour effet de diminuer les surfaces cultivées et la production végétale. Elle accroîtrait la surface des pâturages de fauche et la production de foin de 68 % et le nombre des têtes de bétail de plus de 50 % (tableau 15). Les troupeaux devenant plus importants, la seule culture annuelle affichant une expansion sensible de la superficie dans l'ensemble des zones de sols est l'orge fourragère.

Les résultats du modèle PCEM

La consommation d'énergie dans les Prairies a diminué de 9 830 TJ (5,1 %) par rapport à l'année de référence 2010 avec MSQ (tableau 16). La production totale d'énergie a augmenté de 251 680 TJ, faisant grimper de 1,9 unité l'efficacité énergétique. La réduction de la consommation d'énergie dans le secteur des productions végétales découle de la baisse du recours aux intrants agricoles (tels qu'engrais, carburants, machines et produits agrochimiques) qui accompagne l'expansion de la superficie en foin. La plus faible utilisation d'engrais azoté explique en grande partie la baisse de la consommation d'énergie dans les zones de sols brun foncé, noirs et gris. En Alberta, la consommation d'énergie a surtout baissé dans les zones de sols noirs et gris, à raison de 1 280 TJ et de 1 100 TJ, respectivement. En Saskatchewan, elle a surtout baissé dans les zones de sols brun foncé et noirs à raison de 1 170 TJ et de 1 660 TJ, respectivement. Au Manitoba, elle a atteint 2 440 TJ. La production d'énergie monte nettement dans l'ensemble des Prairies, puisque la biomasse récoltable de la production de foin est plus élevée que la production de céréales par les cultures annuelles (voir le tableau 1 pour l'incidence des cultures herbagères sur la production d'énergie). L'efficacité énergétique croît dans toutes les zones de sols, et la plus forte augmentation, soit 3,7 unités, se produit dans la zone des sols gris de la Saskatchewan.

Tableau 15 : Fréquence accrue des cultures herbagères dans les rotations : Niveaux des activités

	Différence par rapport à l'année de référence 2010 avec MSQ (en milliers d'hectares)										*Scénario*
	Alberta				Saskatchewan				Manitoba	Prairies	Prairies
Type de sols	Bruns	Brun foncé	Noirs	Gris	Bruns	Brun foncé	Noirs	Gris	Global	Global	Global
											en milliers d'hectares
Jachère	-38,95	-33,29	-16,42	-18,30	-120,22	-113,74	-67,84	-20,79	-13,36	-442,91	4,36
Blé	-51,54	-98,92	-104,77	-75,14	-135,52	-215,19	-177,35	-62,73	-149,75	-1 070,90	8,42
Blé dur	-7,41	-5,51	-1,44	-0,22	-40,96	-21,52	-4,92	-0,10	-2,39	-84,45	2,25
Orge fourragère	4,06	11,15	15,40	16,97	2,65	7,58	26,69	19,68	9,15	113,34	1,91
Orge de brasserie	-7,76	-28,37	-55,46	-39,33	-7,40	-22,49	-44,98	-17,74	-37,99	-261,51	2,63
Avoine	-3,92	-3,64	-12,75	-24,44	-12,00	-6,37	-19,61	-16,69	-37,99	-137,42	1,34
Lin	-0,07	-0,28	-0,34	-0,43	-0,36	-2,35	-8,96	-3,87	-27,69	-44,34	0,78
Canola	-10,04	-28,04	-24,16	-18,83	-7,05	-28,98	-24,21	-7,55	-32,74	-181,61	4,89
Lentilles	-0,38	-0,24	-0,06	-0,03	-4,52	-6,47	-2,60	-0,69	-2,10	-17,08	0,28
Pois secs	-2,06	-13,00	-21,27	-23,33	-9,91	-43,95	-93,28	-54,74	-42,86	-304,41	0,63
Foin	127,60	206,89	226,17	190,23	363,89	484,10	432,56	170,34	362,76	2 564,54	6,33
Autres légumineuses à grains	-0,52	-0,35	0,00	0,00	-0,06	-0,05	-0,02	0,00	-5,05	-6,05	0,04
Autres oléagineux	0,38	0,47	0,01	-0,01	2,37	3,48	1,86	0,38	0,41	9,35	0,29
Autres céréales	-2,79	-1,84	-2,42	-4,39	-3,68	-5,43	-3,25	-1,37	-18,26	-43,44	0,45
Vaches : en millions de têtes										2,27	6,30

Source : CRAM

Tableau 16 : Fréquence accrue des cultures herbagères : Bilan énergétiques

	Différence par rapport à l'année de référence 2010 avec MSQ (en milliers de TJ)										*Scénario*
	Alberta				Saskatchewan				Manitoba	Prairies	Prairies
Type de sols	Bruns	Brun foncé	Noirs	Gris	Bruns	Brun foncé	Noirs	Gris	Global	Global	Global
Consommation d'énergie	-0,24	-0,80	-1,28	-1,10	-0,47	-1,17	-1,64	-0,69	-2,44	-9,83	181,89
Production d'énergie	11,61	20,77	19,74	13,95	27,42	47,30	53,14	20,60	37,15	251,68	2 236,49
Efficacité énergétique	2,49	2,10	1,69	1,42	2,46	2,41	2,10	3,75	1,58	1,94	12,30

Source : PCEM

Le scénario prévoyant une fréquence accrue des cultures herbagères dans les rotations est celui qui donne la plus faible consommation dLe scénario prévoyant une fréquence accrue des cultures herbagères dans les rotations est celui qui donne la plus faible consommation d'énergie sous forme d'herbicides et d'engrais. C'est au Manitoba que l'on observe la plus forte baisse, soit 7,1 %, de la consommation d'énergie liée aux engrais. En Alberta, la réduction est respectivement de 4,5 %, 6,5 %, 6, 9 % et 6,3 % dans les zones de sols brun, brun foncé, noirs et gris. En Saskatchewan, elle est de 5 % dans les zones de sols brun foncé, noirs et gris, et de 3,5 % dans la zone des sols bruns. Ces résultats sont tous conformes aux attentes puisque la consommation d'engrais a toujours été plus élevée au Manitoba et en Alberta qu'en Saskatchewan. En outre, comme on consomme moins d'engrais au départ dans la zone des sols bruns, la baisse à ce chapitre est également moindre.

5.5 Amélioration de 10 % du rendement énergétique des machines agricoles

Description

La consommation d'énergie liée aux carburants et aux machines représentait environ 34 % de la consommation totale d'énergie par l'agriculture des Prairies en 1996. Étant donné que l'essentiel de la consommation directe de carburants fossiles dans le secteur des productions végétales est lié à l'emploi des machines agricoles, des gains d'efficacité dans l'utilisation de ces carburants pourraient réduire sensiblement la consommation d'énergie associée aux productions végétales. Dans le présent scénario, nous avons supposé que les tendances à la baisse de la consommation de carburants se poursuivraient, entraînant une baisse de 10 % d'ici 2010. Le coût du carburant a été diminué de 10 % pour toutes les activités de production végétale.

Résultats tirés du modèle CRAM

Les résultats du modèle CRAM ont indiqué qu'une amélioration de 10 % du rendement énergétique des machines agricoles modifierait très légèrement la gamme des cultures produites et les niveaux de production dans les Prairies (tableau 17). Les superficies en foin et en jachère ont diminué de 5 290 et de 1 280 hectares tandis que les rendements économiques relatifs des cultures annuelles s'amélioraient légèrement. Les superficies en orge de brasserie et en pois secs se sont accrues de 2 860 et de 1 610 hectares respectivement. Les étendues réservées à toutes les autres cultures ont très peu bougé dans les différentes zones pédologiques.

Résultats tirés du modèle PCEM

Une amélioration de 10 % du rendement énergétique des machines agricoles s'est traduite par une baisse de la consommation d'énergie de 4 460 TJ (2,3 %) dans les Prairies (tableau 18). La production totale d'énergie s'est élevée légèrement de 540 TJ, menant à une hausse de l'efficacité énergétique de 0,25 unité. Le léger rétrécissement de la superficie en jachère a fait augmenter la production d'énergie. La baisse de la consommation d'énergie a été proportionnellement plus élevée dans les zones de production à fort rendement agronomique — la zone des sols noirs — et pour les systèmes culturaux grands consommateurs de carburants fossiles — le travail du sol traditionnel. Mais globalement, aucun changement significatif n'a été décelé par rapport à l'année de référence 2010 avec MSQ dans les terres faisant l'objet des différentes méthodes de travail.

Tableau 17 : Amélioration du rendement énergétique des machines agricoles : Niveaux des activités

	Différence par rapport à l'année de référence 2010 avec MSQ (en milliers d'hectares)										*Scénario*
	Alberta				Saskatchewan				Manitoba	Prairies	Prairies
Type de sols	Bruns	Brun foncé	Noirs	Gris	Bruns	Brun foncé	Noirs	Gris	Global	Global	Global
Jachère	-0,01	-0,13	-0,09	-0,01	0,02	-0,53	-0,36	-0,10	-0,09	-1,28	4,80
Blé	0,01	0,04	0,10	0,24	0,11	0,07	0,08	0,03	0,30	0,99	9,50
Blé dur	0,01	0,00	-0,01	0,00	0,08	0,02	0,02	0,00	0,00	0,12	2,34
Orge fourragère	0,02	0,04	-0,02	-0,18	0,06	0,01	0,06	0,04	0,00	0,04	1,80
Orge de brasserie	0,14	0,33	0,42	0,47	0,18	0,33	0,36	0,19	0,45	2,86	2,89
Avoine	0,06	-0,02	0,03	0,27	0,03	0,04	0,02	-0,01	0,12	0,53	1,47
Lin	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,03	-0,01	0,26	0,27	0,83
Canola	0,02	-0,04	0,02	0,19	-0,03	-0,21	0,00	0,05	0,08	0,10	5,07
Lentilles	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	-0,01	0,01	0,05	0,30
Pois secs	0,03	0,08	0,08	0,00	0,23	0,83	0,20	0,00	0,16	1,61	0,93
Foin	-0,27	-0,28	-0,53	-1,00	-0,68	-0,59	-0,43	-0,19	-1,32	-5,29	3,76
Autres légumineuses à grains	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,05
Autres oléagineux	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	-0,01	0,28
Autres céréales	0,00	0,00	0,00	0,01	-0,01	0,00	-0,01	0,00	0,01	0,00	0,50

Source : CRAM

Tableau 18 : Amélioration de 10 % du rendement énergétique des machines agricoles : Bilan énergétique

	Différence par rapport à l'année de référence 2010 avec MSQ (en milliers de TJ)										*Scénario*
	Alberta				Saskatchewan				Manitoba	Prairies	Prairies
Type de sols	Bruns	Brun foncé	Noirs	Gris	Bruns	Brun foncé	Noirs	Gris	Global	Global	Global
Consommation d'énergie	-0,20	-0,36	-0,44	-0,42	-0,55	-0,74	-0,73	-0,30	-0,73	-4,46	187,27
Production d'énergie	0,02	0,04	0,06	0,08	0,03	0,07	0,08	0,04	0,12	0,54	1 985,40
Efficacité énergétique	0,42	0,27	0,24	0,26	0,51	0,32	0,21	0,19	0,17	0,25	10,60

Source : PCEM

L'emploi des carburants s'est placé au deuxième rang des intrants consommant le plus d'énergie dans les systèmes culturaux, bien qu'il varie selon la zone de sols. Il représente 17 % de la consommation totale d'énergie au Manitoba et 37 % dans la zone des sols bruns de la Saskatchewan. La différence s'explique par un moindre recours aux engrais dans les régions sèches des Prairies.

5.6 Diversification des cultures

Description

La diversification des cultures au profit des légumineuses à grains, des oléagineux et de diverses cultures annuelles secondaires a progressé de façon remarquable depuis 1996. La superficie en pois chiches est passée de 2 400 hectares à 150 000 hectares de 1996 à 1999, tandis que la superficie en haricots secs devrait atteindre 200 000 hectares en 2000 (ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation de la Saskatchewan, 2000). Bien qu'elles n'occupent qu'un faible pourcentage de la superficie totale cultivée dans les Prairies, ces cultures peuvent être importantes à l'échelle du district agricole, car les terres convenant à leur production sont d'étendue limitée. L'objet de ce scénario est de modéliser cette diversification des productions végétales, celle-ci n'étant pas saisie dans la base 2010 avec MSQ (tableau 19).

Résultats tirés du modèle CRAM

Nous avons augmenté la superficie en oléagineux, en légumineuses à grains et diverses cultures secondaires en abaissant les bornes de ces productions dans le CRAM en fonction des tendances historiques, tandis que nous avons corrigé à la baisse la superficie en céréales et en foin. La modification des superficies cultivées, pour ce scénario, est indiquée dans le tableau 20 par zone de sols et par province. Par exemple, dans la zone des sols bruns de l'Alberta, la superficie consacrée aux pois secs, aux oléagineux divers et aux lentilles a augmenté respectivement de 29 540 hectares (347 %), de 19 420 hectares (172 %) et 15 040 hectares (325 %). Les superficies en blé, en jachère et en foin ont diminué respectivement de 28 070 hectares (5,4 %), de 20 620 hectares (5,0 %) et de 12 550 hectares (8,6 %). La superficie en canola n'a pas été sensiblement agrandie dans les zones de sols bruns et brun foncé de l'Alberta et a même diminué dans la zone des sols brun foncé de la Saskatchewan. Ces changements tiennent à la rentabilité relativement plus élevée des pois secs, des lentilles et autres légumineuses à grains par rapport au canola semé sur chaume.

Résultats tirés du modèle PCEM

Dans ce scénario, la consommation d'énergie à l'échelle des Prairies a diminué de 1 000 TJ (0,6 %) par rapport à la base 2010 avec MSQ (tableau 21). Elle a été réduite dans les zones de sols brun foncé, noirs et gris, toutes situées en Saskatchewan. La baisse de la consommation d'engrais azoté tend à annuler la hausse de la consommation d'énergie liée aux herbicides, aux carburants et aux machines dans ces régions. La consommation d'énergie a augmenté dans la zone des sols bruns en raison de l'expansion des superficies ensemencées sur chaume, du recul de l'étendue en jachère et de la réaffectation des terres à foin à d'autres cultures. La zone des sols gris en Alberta a vu une augmentation de la consommation d'énergie (240 TJ), à cause du recul des superficies se prêtant à la culture des légumineuses à grain et parce qu'une grande proportion de la surface utilisée pour la diversification des cultures a été prise sur les terres à foin. La forte croissance de la superficie en pois secs (219 %) et la diminution de la superficie en foin (10 %) dans le Manitoba se sont soldées par

une baisse de la consommation et de la production d'énergie, malgré une nette progression de la superficie en canola (24 %). La production totale d'énergie a chuté de 35 000 TJ dans les Prairies, aboutissant à une baisse de l'efficacité énergétique de 0,13 unité. L'efficacité énergétique a diminué parce que l'étendue en foin a régressé nettement dans toutes les régions. Ceci a pour effet de réduire la production d'énergie malgré l'augmentation des superficies en cultures annuelles.

Table 19: Hypothèses sous-tendant le scénario de la diversification des cultures

Taux d'adoption	Abaissement des limites fixées aux légumineuses à grains, aux oléagineux et à diverses cultures secondaires dans chaque district agricole
Productivité	Les rendements des céréales et des oléagineux ne changent pas
Coût de production	Coûts conformes aux données de la base 2010 avec MSQ

Tableau 20 : Diversification des cultures : Niveaux des activités

	Différence par rapport à l'année de référence 2010 MSQ (en milliers d'hectares)										*Scénario*
	Alberta				Saskatchewan				Manitoba	Prairies	Prairies
Type de sols	Bruns	Brun foncé	Noirs	Gris	Bruns	Brun foncé	Noirs	Gris	Global	Global	Global
											en milliers d'hectares
Jachère	-20,62	-17,61	-13,70	-8,60	-196,10	-153,83	-60,93	-13,90	-16,77	-502,05	4,30
Blé	-28,07	-69,37	-92,10	-36,59	-215,95	-289,59	-181,08	-51,98	-311,19	-1 275,93	8,22
Blé dur	-6,06	-4,58	-1,48	-0,18	-98,30	-69,15	-14,51	-0,39	-5,03	-199,67	2,14
Orge fourragère	-1,16	-5,47	-14,56	-8,76	-7,47	-4,66	-9,22	-6,16	-25,88	-83,34	1,72
Orge de brasserie	-5,33	-23,26	-48,70	-25,64	-18,61	-43,12	-54,63	-16,78	-68,67	-304,74	2,58
Avoine	-4,99	-13,37	-27,83	-20,88	-23,30	-31,77	-48,11	-17,59	-87,38	-275,22	1,20
Lin	2,64	6,80	4,15	9,98	27,43	57,84	35,06	3,20	27,54	174,65	1
Canola	1,96	6,83	36,72	49,99	1,36	-10,68	31,80	7,75	119,41	245,16	5,32
Lentilles	15,04	9,05	1,91	0,13	134,77	203,45	46,19	4,12	0,33	415,00	0,71
Pois secs	29,54	83,92	148,59	73,29	156,80	112,93	161,59	82,23	224,28	1 073,19	2,01
Foin	-12,55	-9,98	-35,29	-51,27	-55,34	-34,57	-18,13	-4,56	-73,40	-295,10	3,47
Autres légumineuses à grains	2,43	9,94	2,40	0,01	170,62	162,81	30,00	3,52	129,98	511,70	0,56
Autres oléagineux	19,42	16,32	21,54	0,36	71,65	47,48	30,22	2,76	43,25	252,99	0,53
Autres céréales	7,24	9,06	16,88	16,23	49,70	45,63	43,02	6,71	40,26	234,72	0,73

Source : CRAM

Tableau 21 : Diversification des cultures : Bilan énergétique

	Différence par rapport à l'année de référence 2010 MSQ (en milliers de TJ)										*Scenario*
	Alberta				Saskatchewan				Manitoba	Prairies	Prairies
Type de sols	Bruns	Brun foncé	Noirs	Gris	Bruns	Brun foncé	Noirs	Gris	Global	Global	Global
Consommation d'énergie	0,09	-0,16	-0,15	0,24	0,52	-0,10	-0,19	-0,19	-1,11	-1,05	190,67
Production d'énergie	0,24	-1,85	-4,22	-0,68	-0,84	-5,25	-5,96	-2,04	-14,39	-35,00	1 949,81
Efficacité énergétique	-0,14	-0,01	-0,12	-0,17	-0,50	-0,16	-0,12	-0,02	-0,12	-0,13	10,23

Source : PCEM

Section 6 : Résumé

6.1 Principaux résultats

La baisse la plus importante de la consommation d'énergie, à l'échelle des Prairies canadiennes, s'obtiendrait par une plus grande fréquence des cultures herbagères dans les rotations. Le recul des superficies occupées par les cultures annuelles et la jachère serait attribuable à la moins grande consommation d'intrants agricoles, surtout les engrais azotés. La progression des superficies consacrées aux cultures herbagères entraîne la plus forte croissance de la production d'énergie et également de l'efficacité énergétique.

L'utilisation plus efficace de l'azote aurait l'incidence la plus élevée sur le bilan énergétique des zones de sols noirs et gris, car la consommation d'engrais azoté y est la plus forte. La consommation d'énergie liée à l'engrais baisserait légèrement dans les zones de sols bruns et brun foncé. Le scénario prévoyant une hausse de l'efficacité de l'azote arrive au deuxième rang pour ce qui est de faire baisser la consommation d'énergie et d'améliorer l'efficacité énergétique. La production d'énergie ne croîtrait pas beaucoup, malgré l'augmentation des superficies cultivées, et la superficie en cultures herbagères diminuerait (celles-ci produisent plus d'énergie par hectare).

Une amélioration de 10 % du rendement énergétique des machines agricoles et l'augmentation du taux d'adoption du semis direct sont deux scénarios qui réduiraient la consommation d'énergie tout en faisant progresser légèrement l'efficacité énergétique.

La diversification des cultures ferait baisser la consommation et la production d'énergie, ce qui se solderait par une légère baisse de l'efficacité énergétique. Malgré l'expansion de la superficie cultivée, le recul de la superficie en cultures herbagères a entraîné une baisse de la production d'énergie.

La diminution de la superficie en jachère augmenterait la consommation d'énergie dans les zones des sols brun foncé, noirs et gris, à cause de l'augmentation des étendues consacrées aux cultures annuelles. La diminution de la superficie en jachère dans la zone des sols bruns a entraîné un recul des surface consacrées aux cultures annuelles au profit des cultures herbagères, d'où une baisse de la consommation d'énergie. Mais le résultat net est une amélioration de l'efficacité énergétique, dont le niveau est légèrement supérieur à celui de

l'année de référence 2010 avec MSQ en raison d'une augmentation de la production d'énergie.

6.2 Limites de l'analyse

Dans ce rapport, nous n'avons pas parlé de certaines cultures et de certains systèmes culturaux d'apparition récente (p. ex. pois chiches, haricots secs, systèmes Roundup Ready® et Pursuit Smart®, canola Liberty Link®), au sujet desquels les données sont très partielles. Nous avons utilisé dans l'analyse des données recueillies au micro-niveau après seulement quatre années d'observations, ce qui pourrait ne pas être représentatif des caractéristiques à long terme de rendement et d'utilisation des intrants. L'incidence à long terme de l'intégration des types de cultures et des systèmes de production apparus de fraîche date n'est pas connue pour le moment.

La nature statique du modèle CRAM limite l'inclusion des synergies qui se font jour aux niveaux des centres de recherches et des exploitations agricoles. Certaines de ces synergies pourraient être intégrées si le modèle CRAM était étendu pour tenir compte des activités agricoles précédentes. L'inclusion de certaines cultures dans une rotation profite aux cultures suivantes seulement deux ou trois ans plus tard. En outre, le modèle ne saisit pas les effets à long terme des méthodes de travail du sol et des rotations sur les propriétés du sol.

Le présent rapport n'ayant pour objet d'étude que la consommation d'énergie dans les Prairies canadiennes, conformément à la portée définie pour le projet, l'intégration d'autres indicateurs économiques et environnementaux est nécessaire pour une évaluation complète des répercussions des scénarios envisagés sur l'ensemble du secteur agricole. Par exemple, nous ne disposions pas de données, à l'échelle de l'exploitation agricole, sur les rendements et les coûts de production des activités de production végétale nouvellement ajoutées dans le modèle CRAM. Nous avons extrapolé à l'échelle de l'exploitation agricole des données expérimentales qui ont été recueillies sur de petites parcelles et dans des lieux précis, en utilisant des exploitations agricoles représentatives des régions pédologiques-climatiques et des agroécosystèmes auxquels ces techniques agronomiques étaient applicables. Ces données extrapolées ont été utilisées comme données d'entrée dans le modèle CRAM. À l'avenir, lorsque des données effectivement recueillies au niveau de l'exploitation agricole seront disponibles, le modèle CRAM pourrait être amélioré et utilisé pour générer de l'information sur les indicateurs économiques, par exemple les marges nettes dégagées par les cultures au niveau provincial et régional.

Les émissions de gaz à effet de serre et les estimations sur l'érosion du sol sont un autre exemple d'indicateurs environnementaux. Il existe aujourd'hui des moyens de générer ce type de données, mais celles-ci débordaient du cadre du présent rapport.

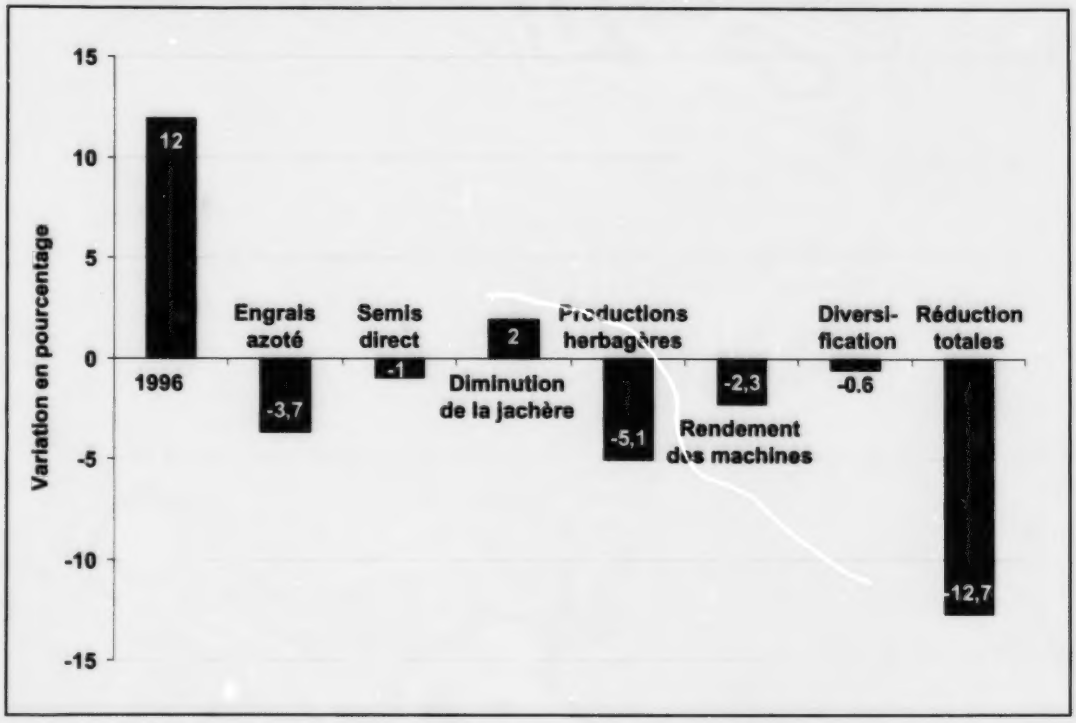
6.3 Conclusions à tirer sur le plan des politiques

Les résultats obtenus à l'échelle des Prairies en matière de consommation d'énergie, pour chacun des scénarios, sont récapitulés dans la figure 3. Les deux scénarios qui seraient le plus efficace pour réduire la consommation totale d'énergie sont ceux qui prévoient une fréquence accrue des cultures herbagères dans les rotations (5,1 %) et une meilleure utilisation des engrais azotés (3,7 %). Une amélioration de 10 % du rendement énergétique des machines agricoles et la pratique accrue du semis direct feraient baisser la consommation d'énergie de 2,3 % et de 1,0 %, respectivement. Le scénario de la diversification des cultures

entraînerait une légère diminution de la consommation d'énergie, mais le rétrécissement de la superficie en jachère l'élèverait de 2 %.

Les résultats de la baisse de la consommation d'énergie ont été évalués pour chacun des scénarios. Si les effets étaient cumulatifs, il serait possible d'en arriver à une réduction nette de 12,7 % de la consommation d'énergie en adoptant les cinq scénarios qui réduisent la consommation d'énergie. Un scénario combinant les cinq n'a pas été tenté, car certains des effets pourraient être annulés par suite des interactions entre les niveaux d'activité de production animales et les niveaux d'activité de production végétale.

Figure 3: Variation en pourcentage de la consommation d'énergie attribuable à chaque scénario, par rapport à l'année de référence 2010 avec MSQ



Les résultats nets ne sont pas les mêmes selon les zones de sols dans les Prairies. En particulier, en raison de ses différences pédologiques et climatiques, la zone des sols bruns donnerait des résultats très différents des autres zones de sols. En conséquence, l'élaboration et la mise en œuvre de politiques identiques pour toutes les régions n'aboutiraient pas aux résultats voulus dans toutes les régions. Les techniques agronomiques à privilégier dans le but d'économiser l'énergie dans le futur doivent tenir compte des caractéristiques des zones de sols. Ce facteur est particulièrement important dans les scénarios visant une diminution de la consommation d'engrais azotés. Par exemple, la diminution des quantités d'engrais azotés dans la zone des sols bruns, comparativement à la zone des sols noirs, serait la technique agronomique la moins coûteuse.

Les politiques en faveur d'une réduction de la superficie en jachère feraient croître la consommation d'énergie si elles ne s'accompagnaient pas de techniques agronomiques ou d'autres options de production moins énergivores. Le semis direct et l'utilisation plus

efficace de l'azote sont deux pratiques qui compenseraient en partie la hausse de la consommation d'énergie résultant d'un recul de la jachère. Les politiques en faveur d'une augmentation des cultures herbagères feraient baisser la consommation d'énergie puisque la jachère diminuerait et que des terres seraient soustraites à la production de cultures annuelles.

L'amélioration du rendement énergétique des machines agricoles et l'élévation du taux d'adoption du semis direct feraient baisser la consommation directe de carburants fossiles. À l'instar d'autres études, la présente analyse démontre que la pratique du semis direct entraîne une diminution de la consommation de carburant. Les gains d'efficacité attribuables aux améliorations de la force motrice et du fonctionnement des machines agricoles dépendent des investissements en recherche-développement des constructeurs de matériel agricole.

Les politiques en faveur de la diversification des cultures, surtout des cultures fixatrices d'azote, feraient baisser la demande d'engrais azotés commerciaux. Cependant, l'importance des économies nettes d'énergie serait fonction des surfaces qui seraient affectées aux nouvelles cultures aux dépens de la production herbagère. Les changements de politiques ou de techniques agronomiques qui auraient pour effet de réduire l'emploi d'engrais azotés feraient baisser le plus la consommation totale d'énergie, puisque la fabrication de ces engrais est très énergivore.

Références

Agriculture et Agroalimentaire Canada. 1999a. Scénario de référence pour les politiques à moyen terme, Ottawa, AAC, avril 1999.

Agriculture et Agroalimentaire Canada. 1999b. Données produites par les centres de recherche de Swift Current, Indian Head, Melfort, Tisdale, Lethbridge et Rycroft. Inédites.

Campbell, C.A. et E.A. Paul. « Effects of N Fertilizer and Soil Moisture on Mineralization, N recovery and A-values, under Spring Wheat Grown in Small Lysimeters », Canadian Journal of Soil Science, no 58, février 1978, p. 39–51.

Gauer, L.E., Grant, C.A., Gehl, D.T. et L.D. Bailey. « Effects of Nitrogen Fertilization on Grain Protein Content, Nitrogen Uptake and Nitrogen Use Efficiency of Six Spring Wheat Cultivars, in Relation to Estimated Moisture Supply », Canadian Journal of Plant Science, no 72, janvier 1992, p. 235–241.

Hoeppner, J. The Effects of Legume Green Manures, Perennial Forages, and Cover Crops on Non-renewable Energy Use in Western Canadian Cropping Systems, Mémoire de maîtrise non publié, Winnipeg, Université du Manitoba.

Horner, G.L., Corman, J. Howitt, R.E., Carter, C.A. et R.J. MacGregor. The Canadian Regional Agriculture Model: Structure, Operations and Development, Rapport technique 1/92, Ottawa, AAC, Direction générale des politiques.

Howitt, R.E. « Positive Mathematical Programming », American Journal of Agricultural Economics, 77,2, mai 1995, p. 329–342.

Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation de la Saskatchewan. 1999 Specialty Crop Report, janvier 2000.

Nagy, C.N. Energy Coefficients for Agriculture Inputs in Western Canada, documents de travail, série no 2, Saskatoon, Université de la Saskatchewan, Centre for Studies in Agriculture, Law and the Environment, mai 1999.

Rossetti, M. et C.N. Nagy. The Economic Performance of Tillage Systems and Diversified Crop Rotations in the Black Soil Zone of Saskatchewan, Actes du colloque sur les sols et les cultures, Saskatoon, Université de la Saskatchewan, 25 et 26 février 1999, p. 131.

Statistique Canada. Recensement de l'agriculture de 1996, Ottawa, Statistique Canada.

Zentner, R.P., McConkey, B.G., Stumborg, M.A., Campbell, C.A. et F. Selles. « Energy Performance of Conservation Tillage Management for Spring Wheat Production in the Brown Soil Zone », Canadian Journal of Plant Science, no 78, octobre 1998, p. 553–563.

Zentner, R.P., Wall, D.D., Nagy, C.N., Smith, E.G., Young, D.L., Miller, P.R., Campbell, C.A., McConkey, B.G., Brandt, S.A., Lafond, G.P., Johnston, A.M. et D.A. Derksen. Economics of Crop Diversification and Soil Tillage Opportunities in the Canadian Prairies, document présenté à la conférence annuelle de l'American Society of Agronomy, novembre 1999.

Zentner, R.P., Lafond, G.P., Derksen, D.A., Blomert, B.J. et C.N. Nagy. Effects of Tillage Method and Crop Rotation on Non-renewable Energy Use Efficiency in the Thin Black Soil Zone, Actes du colloque sur les sols et les cultures, Saskatoon, Université de la Saskatchewan, 24 et 25 février 2000, p. 681–687.

Annexe A : Modèle PCEM (modèle d'analyse de la consommation d'énergie pour l'agriculture des Prairies)

Formule de correction du coefficient énergétique des carburants et des machines

La formule suivante est utilisée pour corriger les coefficients énergétiques du carburant et des machines que nous avons affectés aux activités de production végétale au sujet desquelles l'analyse réalisée à l'échelle de l'exploitation agricole n'a pas livré de données :

(Coefficient énergétique) * (1- coefficient marginal * ((1- % différence de rendement)*10))

Coefficients marginaux (MJ/variation en pourcentage du rendement agronomique)

Méthode de travail du sol	Machine	Carburant
Travail traditionnel	0,038	0,038
Minimum tillage	0,042	0,044
Zero tillage	0,047	0,058

Allocation de la superficie cultivée selon les catégories de production végétale

Nous avons supposé dans le modèle CRAM que la production sur chaume coûte aussi cher que la production sur jachère, pour les cinq cultures suivantes : orge, avoine, lin, lentilles et pois secs. Cette hypothèse sera utilisée pour la première année d'un herbage de graminées ou de luzerne/graminées, d'autres légumineuses à grains, d'autres oléagineux et d'autres céréales.

Hypothèses utilisées pour allouer la superficie de 1995 selon les catégories de cultures pour le modèle PCEM

En l'absence de données sur l'ordre des cultures dans les rotations, la méthode suivante a été utilisée pour allouer les superficies cultivées de l'année de référence 1996.

Tableau A1 : Pourcentage des différentes zones de sols, par district agricole, en Alberta

District agricole	Bruns	Brun foncé	Noirs fins	Noirs épais	Gris
AL1	100 %				
AL2	20 %	80 %			
AL3		10 %	70 %	20 %	
AL4		44 %	46 %	10 %	
AL5			10 %	80 %	10 %
AL6				20 %	80 %
AL7					100 %

Tableau A2 : Pourcentage des différentes zones de sols, par district agricole, en Saskatchewan

District agricole	Bruns	Brun foncé	Noirs fins	Noirs épais	Gris
SA1		33 %	67 %		
SA2	3 %	86 %	11 %		
SA3	84 %	16 %			
SA4	100 %				
SA5		1 %	30 %	56 %	14 %
SA6		84 %	16 %		
SA7	43 %	54 %	3 %		
SA8		9 %		38 %	53 %
SA9		1 %		52 %	47 %

Tableau A3 : Pourcentage des différentes zones de sols, par district agricole, au Manitoba

District agricole	Brun foncé	Noirs fins	Noirs épais	Gris
MA1		90 %	10 %	
MA2	5 %	35 %	40 %	20 %
MA3			100 %	
MA4		10 %	90 %	
MA5			100 %	
MA6			70 %	30 %

L'estimation de la superficie de chaque culture a été faite à partir des données du Recensement de l'agriculture de 1996 réalisé par Statistique Canada et des données correspondantes pour 1995. Les données sur les méthodes de travail du sol contenues dans le recensement de 1996 ont servi à calculer les superficies faisant l'objet des diverses méthodes (travail traditionnel, travail réduit et semis direct) (tableau A4) et les superficies en jachère ventilées selon le travail du sol, le travail du sol avec désherbage chimique, ou la jachère chimique (tableau A5).

La superficie en jachère en 1995 est allouée aux superficies occupées par le canola, le blé de printemps et le blé dur en 1996. La superficie en canola a été allouée d'abord à partir de la superficie en jachère de 1995 à concurrence de 95 % de la superficie en canola de 1996, la

superficie restante étant répartie entre le blé dur et le blé de printemps en fonction du pourcentage de ces cultures.

Les superficies en céréales, légumineuses à grains et oléagineux de 1995 ont été ensuite allouées aux superficies ensemencées en 1996 en blé de printemps, blé dur, orge, avoine, canola, lin, lentilles, pois secs, luzerne/graminées, graminées, autres légumineuses à grains, autres oléagineux, autres céréales, engrais vert et jachère. L'allocation est basée sur le pourcentage de la superficie de chaque production végétale en 1996. Toute la superficie occupée par des légumineuses à grains en 1995 a été allouée aux cultures céréalières en 1996. La superficie occupée par des oléagineux en 1995 a été attribuée à des cultures céréalières ou des pois secs en 1996, sauf quand il s'agissait d'une culture-abri pour l'implantion d'un herbage. La superficie occupée par des céréales en 1995 a été allouée en 1996 à la jachère, à des oléagineux, à des légumineuses à grains, à des céréales et à l'implantation de cultures herbagères.

Pour 1996, nous avons supposé qu'un huitième de la superficie en luzerne/graminées et en graminées en était à la première année d'implantation. La superficie en cultures herbagères en 1995 a été attribuée à l'étendue restante en cultures herbagères, jachère, blé de printemps ou lin. La superficie en blé de printemps ou en lin est basée sur l'étendue relative réservée à chacune de ces cultures en 1996, sauf dans le district agricole 1 de l'Alberta et les districts agricoles 3, 4 et 7 de la Saskatchewan où la superficie en luzerne/graminées et en graminées est limitée à 10 % de celle qui aurait été allouée au blé, le reste allant à la jachère en 1996.

Nous avons supposé que les engrais verts occupaient 1 % de la superficie en jachère ventilée selon les méthodes agronomiques (travail du sol, travail du sol/désherbage chimique et jachère chimique). La superficie en engrais vert de 1995 a été allouée au blé de printemps, au blé dur et au canola. La superficie en céréales sur chaume, en 1995, est le reliquat de la superficie de chaque catégorie de cultures. de sorte que la superficie occupée par une culture en 1996 est conforme aux données du Recensement de l'agriculture de 1996 de Statistique Canada.

Tableau A4 : Superficie ventilée par méthode de travail du sol (hectares)

		Superficie totale ensemencée		Travail traditionnel		Travail réduit		Semis direct	
		ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Alberta									
District agricole	**1**	762 912	100	400 677	52,5	234 795	30,8	127 440	16,7
	2	1 547 221	100	734 535	47,5	609 173	39,4	203 513	13,2
	3	863 509	100	436 247	50,5	360 499	41,7	66 763	7,7
	4	1 894 611	100	1 033 628	54,6	654 060	34,5	206 923	10,9
	5	804 240	100	583 494	72,6	174 679	21,7	46 068	5,7
	6	594 188	100	426 596	71,8	131 396	22,1	36 197	6,1
	7	1 128 913	100	699 732	62,0	332 128	29,4	97 052	8,6
	Total	7 595 594	100	4 314 909	56,8	2 496 730	32,9	783 955	10,3
Saskatchewan									
District agricole	**1**	1 196 997	100	522 686	43,7	413 094	34,5	261 236	21,8
	2	1 324 900	100	433 258	32,7	330 252	24,9	561 389	42,4
	3	2 145 965	100	954 762	44,5	658 815	30,7	532 387	24,8
	4	598 236	100	311 696	52,1	160 052	26,8	126 488	21,1
	5	1 965 078	100	1 053 784	53,6	656 353	33,4	254 942	13,0
	6	1 942 179	100	763 956	39,3	775 967	40,0	402 255	20,7
	7	1 298 009	100	508 717	39,2	342 730	26,4	446 563	34,4
	8	1 364 883	100	763 758	56,0	492 587	36,1	108 538	8,0
	9	1 605 994	100	775 000	48,3	589 350	36,7	241 644	15,0
	Total	13 442 241	100	6 087 598	45,3	4 419 200	32,9	2 935 443	21,8
Corrigé[a]	**DA2**			523 335	39,5	491 538	37,1	310 027	23,4
Corrigé[a]	**DA7**			519 361	39,2	488 888	36,9	316 651	23,9
Manitoba									
District agricole	**1**	1 381 014	100	724 939	52,5	457 351	33,1	198 723	14,4
	2	608 349	100	397 156	65,3	175 550	28,9	35 643	5,9
	3	589 302	100	418 146	71,0	132 891	22,6	38 266	6,5
	4	729 687	100	502 800	68,9	185 479	25,4	41 409	5,7
	5	333 881	100	240 270	72,0	69 752	20,9	23 859	7,1
	6	317 953	100	225 412	70,9	68 805	21,6	23 736	7,5
	Total	3 960 187	100	2 508 722	63,3	1 089 828	27,5	361 636	9,1

a. Corrigé en raison des réponses à une question du recensement où la superficie faisant l'objet d'un semis direct a été surestimée. À cause de la façon dont la question était formulée, la réponse englobait les surfaces faisant l'objet d'un semis direct sans travail du sol au printemps et les surfaces ensemencées avec un combiné déchaumeuse lourde et semoir pneumatique.

Source : Recensement de l'agriculture de 1996, Statistique Canada.

Tableau A5 : Superficie en jachère, ventilée par méthode de travail du sol

District agricole		Travail du sol		Travail du sol/ désherbage chimique		Désherbage chimique		Total	
		ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Alberta									
	1	255 551	62	107 113	26	46 340	11	409 178	255 551
	2	193 930	47	171 929	41	49 624	12	415 660	193 930
	3	35 724	43	36 468	44	11 251	13	83 479	35 724
	4A	56 334	44	58 116	46	12 956	10	127 461	56 334
	4B	47 639	43	54 913	50	8 193	7	110 793	47 639
	5	26 064	57	16 198	35	3 818	8	46 099	26 064
	6	44 411	58	25 870	34	6 341	8	76 655	44 411
	7	78 576	47	73 560	44	15 822	9	168 030	78 576
	Total	738 229	51	544 167	38	154 345	11	1 437 354	738 229
Saskatchewan									
	1	156 798	54	110 462	38	20 896	7	288 279	156 798
	2	253 691	64	113 579	29	26 811	7	394 249	253 691
	3	680 021	57	398 231	33	124 636	10	1 203 401	680 021
	4	276 527	62	128 860	29	43 637	10	449 215	276 527
	5	227 164	53	172 152	40	30 236	7	429 736	227 164
	6	308 192	56	206 986	37	38 863	7	554 277	308 192
	7	318 354	50	249 781	39	66 984	11	635 390	318 354
	8	98 609	46	103 271	48	14 720	7	216 692	98 609
	9	108 820	42	136 925	52	16 244	6	262 102	108 820
	Total	2 428 176	55	1 620 248	37	383 026	9	4 433 341	2 428 176
Manitoba									
	1	75 581	60	43 745	35	6 909	5	126 288	75 581
	2	46 703	62	24 294	32	3 946	5	74 976	46 703
	3	20 831	62	10 910	33	1 715	5	33 470	20 831
	4	16 399	55	11 417	39	1 743	6	29 571	16 399
	5	14 581	62	7 677	32	1 396	6	23 664	14 581
	6	21 926	61	11 423	32	2 456	7	35 821	21 926
	Total	196 021	61	109 466	34	18 165	6	323 789	196 021

Source : Recensement de l'agriculture de 1996, Statistique Canada.

Tableau A6 : Activités de production végétale

#	Abréviation	Description
1	SUMFALI	Jachère travail du sol intensif
2	SUMFALM	Jachère travail du sol réduit
3	SUMFALN	Jachère semis direct
4	GMI	Engrais vert travail du sol intensif
5	GMM	Engrais vert travail du sol réduit
6	GMN	Engrais vert semis direct
7	WHTSFI	Blé sur jachère travail du sol intensif
8	WHTSFM	Blé sur jachère travail du sol réduit
9	WHTSFN	Blé sur jachère semis direct
10	WHTPI	Blé après légumineuses à grains travail du sol intensif
11	WHTPM	Blé après légumineuses à grains travail du sol réduit
12	WHTPN	Blé après légumineuses à grains semis direct
13	WHTCI	Blé après céréales travail du sol intensif
14	WHTCM	Blé après céréales travail du sol réduit
15	WHTCN	Blé après céréales semis direct
16	WHTOI	Blé après oléagineux travail du sol intensif
17	WHTOM	Blé après oléagineux travail du sol réduit
18	WHTON	Blé après oléagineux semis direct
19	WHTAGI	Blé après luzerne/graminées travail du sol intensif
20	WHTAGM	Blé après luzerne/graminées travail du sol réduit
21	WHTAGN	Blé après luzerne/graminées semis direct
22	WHTGI	Blé après graminées travail du sol intensif
23	WHTGM	Blé après graminées travail du sol réduit
24	WHTGN	Blé après graminées semis direct
25	WHTGMI	Blé après engrais vert travail du sol intensif
26	WHTGMM	Blé après engrais vert travail du sol réduit
27	WHTGMN	Blé après engrais vert semis direct
28	DURUMSFI	Blé dur sur jachère travail du sol intensif
29	DURUMSFM	Blé dur sur jachère travail du sol réduit
30	DURUMSFN	Blé dur sur jachère semis direct
31	DURUMPI	Blé dur après légumineuses à grains travail du sol intensif
32	DURUMPM	Blé dur après légumineuses à grains travail du sol réduit
33	DURUMPN	Blé dur après légumineuses à grains semis direct
34	DURUMCI	Blé dur après céréales travail du sol intensif
35	DURUMCM	Blé dur après céréales travail du sol réduit
36	DURUMCN	Blé dur après céréales semis direct
37	DURUMOI	Blé dur après oléagineux travail du sol intensif
38	DURUMOM	Blé dur après oléagineux travail du sol réduit
39	DURUMON	Blé dur après oléagineux semis direct
40	DURUMGMI	Blé dur après engrais vert travail du sol intensif
41	DURUMGMM	Blé dur après engrais vert travail du sol réduit
42	DURUMGMN	Blé dur après engrais vert semis direct
43	BARFDPI	Orge fourragère après légumineuses à grains travail du sol intensif
44	BARFDPM	Orge fourragère après légumineuses à grains travail du sol réduit
45	BARFDPN	Orge fourragère après légumineuses à grains semis direct
46	BARFDCI	Orge fourragère après céréales travail du sol intensif
47	BARFDCM	Orge fourragère après céréales travail du sol réduit
48	BARFDCN	Orge fourragère après céréales semis direct

Tableau A6 : Activités de production végétale (suite)

#	Abréviation	Description
49	BARFDOI	Orge fourragère après oléagineux travail du sol intensif
50	BARFDOM	Orge fourragère après oléagineux travail du sol réduit
51	BARFDON	Orge fourragère après oléagineux semis direct
52	BARMTPI	Orge de brasserie après légumineuses à grains travail du sol intensif
53	BARMTPM	Orge de brasserie après légumineuses à grains travail du sol réduit
54	BARMTPN	Orge de brasserie après légumineuses à grains semis direct
55	BARMTCI	Orge de brasserie après céréales travail du sol intensif
56	BARMTCM	Orge de brasserie après céréales travail du sol réduit
57	BARMTCN	Orge de brasserie après céréales semis direct
58	BARMTOI	Orge de brasserie après oléagineux travail du sol intensif
59	BARMTOM	Orge de brasserie après oléagineux travail du sol réduit
60	BARMTON	Orge de brasserie après oléagineux semis direct
61	OATSCI	Avoine après céréales travail du sol intensif
62	OATSCM	Avoine après céréales travail du sol réduit
63	OATSCN	Avoine après céréales semis direct
64	FLAXCI	Lin après céréales travail du sol intensif
65	FLAXCM	Lin après céréales travail du sol réduit
66	FLAXCN	Lin après céréales semis direct
67	FLAXPI	Lin après légumineuses à grains travail du sol intensif
68	FLAXPM	Lin après légumineuses à grains travail du sol réduit
69	FLAXPN	Lin après légumineuses à grains semis direct
70	FLAXAGI	Lin après luzerne/graminées travail du sol intensif
71	FLAXAGM	Lin après luzerne/graminées travail du sol réduit
72	FLAXAGN	Lin après luzerne/graminées semis direct
73	FLAXHI	Lin après graminées travail du sol intensif
74	FLAXHM	Lin après graminées travail du sol réduit
75	FLAXHN	Lin après graminées semis direct
76	CANSFI	Canola sur jachère travail du sol intensif
77	CANSFM	Canola sur jachère travail du sol réduit
78	CANSFN	Canola sur jachère semis direct
79	CANCI	Canola après céréales travail du sol intensif
80	CANCM	Canola après céréales travail du sol réduit
81	CANCN	Canola après céréales semis direct
82	CANGMI	Canola après engrais vert travail du sol intensif
83	CANGMM	Canola après engrais vert travail du sol réduit
84	CANGMN	Canola après engrais vert semis direct
85	LENTCI	Lentilles après céréales travail du sol intensif
86	LENTCM	Lentilles après céréales travail du sol réduit
87	LENTCN	Lentilles après céréales semis direct
88	FLDPCI	Pois secs après céréales travail du sol intensif
89	FLDPCM	Pois secs après céréales travail du sol réduit
90	FLDPCN	Pois secs après céréales semis direct
91	FLDPOI	Pois secs après oléagineux travail du sol intensif
92	FLDPOM	Pois secs après oléagineux travail du sol réduit
93	FLDPON	Pois secs après oléagineux semis direct

Tableau A6 : Activités de production végétale (suite)

#	Abréviation	Description
94	ALFGRCI	Luzerne/graminées après céréales travail du sol intensif
95	ALFGRCM	Luzerne/graminées après céréales travail du sol réduit
96	ALFGRCN	Luzerne/graminées après céréales semis direct
97	ALFGROI	Luzerne/graminées après oléagineux travail du sol intensif
98	ALFGROM	Luzerne/graminées après oléagineux travail du sol réduit
99	ALFGRON	Luzerne/graminées après oléagineux semis direct
100	ALFGRALGR	Luzerne/graminées après luzerne/graminées
101	GRASSCI	Graminées après céréales travail du sol intensif
102	GRASSCM	Graminées après céréales travail du sol réduit
103	GRASSCN	Graminées après céréales semis direct
104	GRASSOI	Graminées après oléagineux travail du sol intensif
105	GRASSOM	Graminées après oléagineux travail du sol réduit
106	GRASSON	Graminées après oléagineux semis direct
107	GRASSGRASS	Graminées après graminées
108	OTHPULCI	Autres légumineuses à grains après céréales travail du sol intensif
109	OTHPULCM	Autres légumineuses à grains après céréales travail du sol réduit
110	OTHPULCN	Autres légumineuses à grains après céréales semis direct
111	OTHOILCI	Autres oléagineux après céréales travail du sol intensif
112	OTHOILCM	Autres oléagineux après céréales travail du sol réduit
113	OTHOILCN	Autres oléagineux après céréales semis direct
114	OTHCERLCI	Autres céréales après céréales travail du sol intensif
115	OTHCERLCM	Autres céréales après céréales travail du sol réduit
116	OTHCERLCN	Autres céréales après céréales semis direct
117	OTHCERLOI	Autres céréales après oléagineux travail du sol intensif
118	OTHCERLOM	Autres céréales après oléagineux travail du sol réduit
119	OTHCERLON	Autres céréales après oléagineux semis direct
120	OTHCERLPI	Autres céréales après légumineuses à grains travail du sol intensif
121	OTHCERLPM	Autres céréales après légumineuses à grains travail du sol réduit
122	OTHCERLPN	Autres céréales après légumineuses à grains semis direct

M121

IMPORTANT NOTE CONCERNING THE FOLLOWING PAGES

THE PAGES WHICH FOLLOW HAVE BEEN FILMED TWICE IN ORDER TO OBTAIN THE BEST REPRODUCTIVE QUALITY

USERS SHOULD CONSULT ALL THE PAGES REPRODUCED ON THE FICHE IN ORDER TO OBTAIN A COMPLETE READING OF THE TEXT.

REMARQUE IMPORTANTE CONCERNANT LES PAGES QUI SUIVENT

LES PAGES SUIVANTES ONT ÉTÉ REPRODUITES EN DOUBLE AFIN D'AMÉLIORER LA QUALITÉ DE REPRODUCTION

LES UTILISATEURS DOIVENT CONSULTER TOUTES LES PAGES REPRODUITES SUR LA FICHE AFIN D'OBTENIR LA LECTURE DU TEXTE INTÉGRAL

micromedia
a division of IHS Canada

20 Victoria Street
Toronto, Ontario M5C 2N8
Tel.: (416) 362-5211
Toll Free: 1-800-387-2689
Fax: (416) 362-6161
Email: info@micromedia.on.ca

Annexe B :

Tableau B1 : Consommation et coûts des engrais dans les régions de recensement CRAM des Prairies, pour le scénario de l'utilisation plus efficace des engrais azotés

Épandage de N en automne (30 %)

Zones de sols	Noirs	Brun foncé	Brun	Gris	Cons. d'engr. – épandage au printemps seulement	Correction des coûts
Effic. printemps + automne/printemps	**73 %**	**86 %**	**97 %**	**63 %**		
Districts agricoles						
AL1			1,0		0,99	1,03
AL2		0,8	0,2		0,96	1,00
AL3	0,9	0,1			0,92	0,95
AL4		0,5	0,5		0,97	1,01
AL5	0,5			0,5	0,90	0,93
AL6				1,0	0,89	0,91
AL7				1,0	0,89	0,91
SA1	0,8	0,1	0,1		0,93	0,96
SA2	0,15	0,15	0,7		0,98	1,01
SA3			1,0		0,99	1,03
SA4		0,1	0,9		0,92	1,02
SA5	1,0				0,95	0,95
SA6	0,1	0,9			0,97	0,98
SA7		0,6	0,4		0,92	1,00
SA8	1,0				0,92	0,95
SA9	0,9	0,1			0,92	0,95
MA1	1,0				0,92	0,95
MA2	0,9	0,1			0,92	0,95
MA3	1,0				0,92	0,95
MA4	1,0				0,92	0,95
MA5	0,8	0,2			0,93	0,95
MA6	0,8			0,2	0,91	0,94

Example : MA4 est une zone de sols noirs à 100 %

Épandage à l'automne 30 % à 73 % d'efficacité => 21,9 %
Épandage au printemps 70 % à 100 % d'efficacité => 70,0 %
Épandage au printemps seulement **=> 91,9 %**

Cost 21,9 % à 112 % => 25 %
Cost 70 % à 100 % => 70 %
Total cost **=> 95 %**

Annexe B :

Tableau B1 : Consommation et coûts des engrais dans les régions de recensement CRAM des Prairies, pour le scénario de l'utilisation plus efficace des engrais azotés

Épandage de N en automne (30 %)

Zones de sols	Noirs	Brun foncé	Brun	Gris	Cons. d'engr. – épandage au printemps seulement	Correction des coûts
Effic. printemps + automne/printemps	**73 %**	**86 %**	**97 %**	**63 %**		
Districts agricoles						
AL1			1,0		0,99	1,03
AL2		0,8	0,2		0,96	1,00
AL3	0,9	0,1			0,92	0,95
AL4		0,5	0,5		0,97	1,01
AL5	0,5			0,5	0,90	0,93
AL6				1,0	0,89	0,91
AL7				1,0	0,89	0,91
SA1	0,8	0,1	0,1		0,93	0,96
SA2	0,15	0,15	0,7		0,98	1,01
SA3			1,0		0,99	1,03
SA4		0,1	0,9		0,92	1,02
SA5	1,0				0,95	0,95
SA6	0,1	0,9			0,97	0,98
SA7		0,6	0,4		0,92	1,00
SA8	1,0				0,92	0,95
SA9	0,9	0,1			0,92	0,95
MA1	1,0				0,92	0,95
MA2	0,9	0,1			0,92	0,95
MA3	1,0				0,92	0,95
MA4	1,0				0,92	0,95
MA5	0,8	0,2			0,93	0,95
MA6	0,8			0,2	0,91	0,94

Example : MA4 est une zone de sols noirs à 100 %

Épandage à l'automne	30 % à 73 % d'efficacité => 21,9 %	Cost 21,9 % à 112 % => 25 %	
Épandage au printemps	70 % à 100 % d'efficacité => 70,0 %	Cost 70 % à 100 % => 70 %	
Épandage au printemps seulement	**=> 91,9 %**	Total cost	**=> 95 %**

Annexe C :

Tableau C1 : Superficie cultivée par district agricole (en milliers d'ha) et répercussions sur les rendements dans le scénario de la fréquence accrue des cultures herbagères dans les rotations culturales

District agricole	Cultures	Foin	Total (Cultures + foin)	Pâturages	Herbagères naturels	Foin/ cultures
BC1	227,22	347,97	575,19	240,24	1 172,59	153 %
AL1	1 179,90	111,07		218,12	2 090,66	9 %
AL2	1 941,89	135,25		178,54	903,95	7 %
AL3	939,82	216,45		194,05	1 039,61	23 %
AL4	2 115,10	244,28		367,05	836,96	12 %
AL5	842,87	435,67		360,78	557,37	52 %
AL6	667,66	446,67		351,05	685,57	67 %
AL7	1 360,68	334,14		245,01	501,39	25 %
Total Alberta	**9 047,92**	**1 923,53**	**10 971,45**	**1 914,60**	**6 615,51**	**21 %**
SA1	1 468,70	89,20		87,77	305,37	6 %
SA2	1 704,11	58,79		55,23	217,80	3 %
SA3	3 327,20	155,38		243,86	1 350,55	5 %
SA4	1 041,15	55,57		131,73	1 013,25	5 %
SA5	2 374,69	153,52		141,01	360,84	6 %
SA6	2 469,18	134,63		125,55	401,68	5 %
SA7	1 916,56	42,51		92,67	434,08	2 %
SA8	1 582,85	128,13		82,88	147,06	8 %
SA9	1 854,69	271,58		272,61	862,96	15 %
Total Saskatchewan	**17 739,13**	**1 089,31**	**18 828,44**	**1 233,31**	**5 093,59**	**6 %**
MA1	1 493,34	186,28		107,10	406,52	12 %
MA2	679,55	175,02		105,30	461,16	26 %
MA3	616,88	77,35		39,72	121,84	13 %
MA4	753,03	46,98		20,50	73,40	6 %
MA5	362,79	89,35		21,92	114,10	25 %
MA6	362,92	174,34		61,70	476,81	48 %
Total Manitoba	**4 268,51**	**749,32**	**5 017,83**	**356,24**	**1 653,83**	**18 %**
Prairies	**31 282,78**	**4 110,13**	**35 392,91**	**3 744,39**	**14 535,52**	**13 %**

Annexe C :

Tableau C1 : Superficie cultivée par district agricole (en milliers d'ha) et répercussions sur les rendements dans le scénario de la fréquence accrue des cultures herbagères dans les rotations culturales

District agricole	Cultures	Foin	Total (Cultures + foin)	Pâturages	Herbagères naturels	Foin/ cultures
BC1	227,22	347,97	575,19	240,24	1 172,59	153 %
AL1	1 179,90	111,07		218,12	2 090,66	9 %
AL2	1 941,89	135,25		178,54	903,95	7 %
AL3	939,82	216,45		194,05	1 039,61	23 %
AL4	2 115,10	244,28		367,05	836,96	12 %
AL5	842,87	435,67		360,78	557,37	52 %
AL6	667,66	446,67		351,05	685,57	67 %
AL7	1 360,68	334,14		245,01	501,39	25 %
Total Alberta	**9 047,92**	**1 923,53**	**10 971,45**	**1 914,60**	**6 615,51**	**21 %**
SA1	1 468,70	89,20		87,77	305,37	6 %
SA2	1 704,11	58,79		55,23	217,80	3 %
SA3	3 327,20	155,38		243,86	1 350,55	5 %
SA4	1 041,15	55,57		131,73	1 013,25	5 %
SA5	2 374,69	153,52		141,01	360,84	6 %
SA6	2 469,18	134,63		125,55	401,68	5 %
SA7	1 916,56	42,51		92,67	434,08	2 %
SA8	1 582,85	128,13		82,88	147,06	8 %
SA9	1 854,69	271,58		272,61	862,96	15 %
Total Saskatchewan	**17 739,13**	**1 089,31**	**18 828,44**	**1 233,31**	**5 093,59**	**6 %**
MA1	1 493,34	186,28		107,10	406,52	12 %
MA2	679,55	175,02		105,30	461,16	26 %
MA3	616,88	77,35		39,72	121,84	13 %
MA4	753,03	46,98		20,50	73,40	6 %
MA5	362,79	89,35		21,92	114,10	25 %
MA6	362,92	174,34		61,70	476,81	48 %
Total Manitoba	**4 268,51**	**749,32**	**5 017,83**	**356,24**	**1 653,83**	**18 %**
Prairies	**31 282,78**	**4 110,13**	**35 392,91**	**3 744,39**	**14 535,52**	**13 %**